

DISEÑO GRAFICO EN INGENIERIA

JAMES H. EARLE

FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO, S. A.

DISEÑO GRAFICO EN INGENIERIA

DISEÑO GRAFICO EN INGENIERIA

JAMES H. EARLE
Texas A&M University

Versión en español por

Manuel V. Avila M.
Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad Nacional de Colombia

Simón Fygueroa S.
Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad Nacional de Colombia

Con la colaboración de

Jorge Carrasco Crovetto
Universidad Técnica del Estado
Santiago, Chile

Carlos Virasoro
Estudio Virasoro
Buenos Aires, Argentina

FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO, S. A.
Bogotá • Caracas • México • Panamá • San Juan • Santiago • São Paulo

Versión española de la segunda edición de la obra titulada:
Engineering Design Graphics, de James H. Earle,
publicada originalmente en inglés en 1973 por Addison-Wesley
Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, E. U. A.
Esta edición en español es la única autorizada.

Printed in the U. S. A. Impreso en los E. U. A.
ABCDEFGHIJ-HA-79876

PROLOGO DEL EDITOR

En los programas de Ingeniería de las universidades hispanoamericanas es frecuente encontrar cursos de Dibujo Técnico por un lado y de Geometría Descriptiva por otro. Sin embargo, no siempre se logra la coordinación y la estrecha relación entre estas disciplinas que requiere la formación del futuro profesional.

Tampoco está claro en qué fase del desarrollo de un proyecto interviene cada una de dichas disciplinas ni cuándo debe emplearse con mejor provecho la una o la otra; de modo que, en el mejor de los casos, el estudiante las percibe simplemente como técnicas o materias aisladas e inconexas.

Esta obra de James H. Earle, que Fondo Educativo Interamericano presenta a los estudiantes, profesores y profesionales de ingeniería y tecnología de habla hispana, viene a proporcionar una solución integral a los problemas mencionados debido a su enfoque especial, fruto de la experiencia del autor como docente en la materia.

La concepción de esta obra se basa en el concepto central de que el *diseño* es la función que más debe distinguir al ingeniero dentro del equipo tecnológico. Por diseño el autor entiende la secuencia de actividades mediante las cuales se llega a la solución de un problema de orden técnico. Característica esencial del diseño es la *creatividad*, que se expresa en relación con los elementos de novedad y de originalidad que estén presentes en dicha solución, ya se trate de diseñar un producto o un sistema determinado.

Para ilustrar el proceso de diseño y estimular en todo momento la creatividad del alumno, este texto presenta numerosos ejemplos y problemas totalmente al alcance del estudiante y que éste puede comprender y resolver, a la vez que prepara el camino de modo que, al ir incorporando nuevos conocimientos en el transcurso de sus estudios, pueda ubicarlos en el lugar preciso en que intervienen en el proceso de un diseño, ampliando así el horizonte de lo que constituye la actividad misma de la ingeniería.

El mejor aprovechamiento de esta obra se logra mediante la coordinación de los respectivos programas de Dibujo Técnico y Geometría Descriptiva, de modo que dichas materias puedan ser tratadas en forma integral y unificada, mediante el desarrollo del proceso de un diseño.

Cuando no sea posible un ajuste de los programas de Dibujo Técnico y Geometría Descriptiva, este texto se puede emplear independientemente en cada una de estas asignaturas: así los capítulos 5, 13, 15, 17 y 19 proporcionan el material suficiente para desarrollar un curso típico de Dibujo Técnico y los capítulos 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 constituyen un excelente curso de Geometría Descriptiva. En ambos casos se cuenta con una buena cantidad de ejercicios y problemas propuestos, que son a la vez novedosos y de aplicación práctica. Los demás capítulos, especialmente el primero, pueden ser empleados con mucha utilidad en los cursos de Introducción a la

Ingeniería o de Ingeniería Descriptiva, ya que describen con bastante nitidez y detalle las actividades de esta profesión.

Este libro puede emplearse como texto guía a partir de cualquier semestre o año académico de estudios, puesto que el único prerrequisito es la Geometría Elemental de enseñanza secundaria.

Atendiendo las recomendaciones y sugerencias emitidas por varios profesores hispanoamericanos, y especialmente del Ingeniero Jorge Carrasco, de Chile, se han conservado intactas a través de la obra las normas ANSI (ISO-A) que emplea el autor, con el fin de evitar las confusiones y los errores de concepto que pudieran presentarse al efectuar conversiones o al emplear un sistema híbrido de normalización de las explicaciones. Sin embargo, para facilitar al máximo la tarea del estudiante que debe trabajar con normas europeas y ampliar el campo de aplicación de este libro, se incluye al final del mismo un suplemento preparado según las normas DIN (ISO-E).

PREFACIO DEL AUTOR

El diseño es una de las principales funciones del ingeniero; los principios del dibujo de ingeniería y la geometría descriptiva son las herramientas fundamentales en el proceso de diseño. Esta interrelación de los métodos gráficos con el diseño de ingeniería es el tema de este texto. El material del texto se ha organizado para conformarse a una secuencia del proceso del diseño: identificación, ideas preliminares, perfeccionamiento, análisis, decisión y, finalmente, realización. Estos seis pasos representan un enfoque metódico de la solución de cualquier problema que requiera innovación y creatividad. Sin embargo, no están concebidos para servir como limitaciones rígidas a la creatividad; sencillamente se sugieren como guías para el proyectista que desea organizar su enfoque de un problema en forma ordenada, sabiendo que así aumentará la probabilidad de obtener soluciones satisfactorias y aumentar su producción.

Es importante que el estudiante reconozca la necesidad de un tratamiento ordenado de todos los problemas de diseño y la aplicación de cada etapa del proceso en el desarrollo de una solución. Con este fin, estas etapas se discuten en el texto en su orden lógico y los principios gráficos específicos se presentan de acuerdo con su aplicación en cada paso. Además del gran número de aplicaciones que explican cada paso de la secuencia del diseño, el texto contiene muchas fotografías de productos y equipos, que ilustran con dramática efectividad la aplicación de los principios del diseño que se discuten en el libro por medio de proyectos prácticos de ingeniería.

Aún más, en el libro se discute a fondo el desarrollo de varios diseños seleccionados (por medio de ilustraciones de hojas de trabajo) desde la identificación original del problema hasta el desarrollo final del proyecto. De esta manera, el estudiante observa ejemplos específicos de los cambios importantes y comprueba cómo ocurren de un paso del diseño al siguiente.

Los principios gráficos que se presentan en el texto están muy relacionados con problemas reales del diseño de ingeniería. Es importante hacer hincapié en que los gráficos de ingeniería y la geometría descriptiva, tal como se presentan en este libro, no deben confundirse con el dibujo mecánico, puesto que esta disciplina es tan sólo un aspecto de los gráficos de ingeniería. Por el contrario, los gráficos de ingeniería abarcan el esfuerzo total del equipo de diseño (ingeniero, técnico y diseñador), para resolver gráficamente problemas de ingeniería. Nuestro concepto de gráficos de ingeniería motiva al estudiante al exponerlo a ejemplos de ingeniería tomados de situaciones de la vida real. En vez de aburrir al estudiante con proyectos sintéticos, el método escogido en este libro ha probado ser eficiente en el estímulo de su interés en la ingeniería como una profesión creadora.

En este libro se han utilizado varias técnicas de presentación con el propósito de mejorar la exposición y ayudar al estudiante a entender los conceptos y procedimientos que se discuten. Muchas de estas técnicas permiten al estudiante captar principios por cuenta propia, con economía de tiempo de instrucción a la

vez que el estudiante promedio cubre más material que en un curso ordinario. Para mayor claridad, se ha utilizado un segundo color con el fin de resaltar los pasos y notas importantes en las ilustraciones. Los problemas más complejos se han resuelto utilizando el método por etapas, es decir, los pasos conducentes a la solución de un problema se presentan en secuencia con las instrucciones relacionadas íntimamente con cada etapa. Puesto que este método de desarrollo muestra el progreso real de la construcción gráfica, el estudiante puede repasar el procedimiento y la teoría comprendida en un problema sin la ayuda del instructor. Para determinar la eficiencia del método por etapas,* estuvo sometido a prueba durante un semestre y sus resultados se compararon con los obtenidos utilizando métodos de libros convencionales. Una comparación estadística de 2.800 muestras experimentales demostró que el método por etapas era superior al convencional en un 20 por ciento. Este resultado motivó al autor a introducir el método por etapas en este volumen.

Este texto contiene suficiente material para dos cursos separados, dibujo de ingeniería y geometría descriptiva, y cualquiera de los dos podría servir como un curso de introducción a la ingeniería. Aunque el material está organizado dentro de la estructura del proceso de diseño, con el cual está integrado parcialmente, es lo suficientemente independiente como para extraer fácilmente el material de dos cursos separados, siendo algunos capítulos comunes a ambos. Se sugiere que los aspectos de diseño sean parte importante de estos dos cursos en las universidades donde éstos se ofrecen por separado.

Los problemas de final de capítulo varían ampliamente en su forma, desde informes y modelos hasta planos de trabajo. Los problemas se han diseñado con dificultad suficiente como para despertar el interés, pero sin sobrepasar la habilidad de un estudiante de primer año. Este texto también puede complementarse con varios libros de problemas disponibles en el comercio, pero está específicamente relacionado con una serie de libros de problemas recopilados cada semestre por la sección de gráficos de ingeniería de la Universidad de Texas A & M. Los autores de esta serie de problemas publicados por Addison-Wesley Publishing Company son James H. Earle, Samuel M. Cleland, Lawrence E. Stark, Paul M. Mason, North B. Bardell, Richard F. Vogel, J. Tim Coppinger y Michael P. Guerard. Hasta la fecha hay tres libros de problemas disponibles en la serie *Engineering Graphics and Design Problems* (1, 2, 3, 4 y 5) y en la serie *Design and Descriptive Geometry Problems* (1, 2, 3, 4 y 5). Cada uno de estos libros de problemas es completamente diferente de los otros de la serie. Todos contienen problemas de diseño y aplicaciones industriales de problemas para resolver por métodos gráficos. También se dispone de folletos con soluciones, plan de trabajo en clase y pruebas para guía del instructor. Esta serie continuada ofrece al instructor un conjunto de problemas para cada semestre.

Agradecemos a las varias empresas y entidades que proporcionaron las fotografías, dibujos y ejemplos incluidos en este texto su amable cooperación. Gracias en especial a Howard Gibbons y al personal de la NASA por su revisión y aprobación del capítulo 2 y también por la cantidad de fotografías proporcionadas por esta agencia. Gracias también al profesor Michael P. Guerard de la Universidad de Texas A & M por su asistencia en la preparación de la sección de nomografía, a la Whitney Library of Design y a Henry Dreyfuss por su generoso permiso para reproducir fragmentos de su libro, *The Measure of Man;* igualmente va nuestro agradecimiento al profesor Henry O. Fuchs de la Universidad de Stanford. La lista de personas merecedoras de crédito no estaría completa sin mencionar el estímulo, la confianza y la asistencia que el personal de Addison-Wesley Publishing Company dio al autor; ellos han sido de gran servicio al reconocer la necesidad de un libro de este tipo y al acelerar su publicación.

J. H. E.

College Station, Texas

* James H. Earle, *An Experimental Comparison of Three Self-Instruction Formats for Descriptive Geometry*. Disertación inédita. College Station, Texas: Texas A&M University, 1964.

INDICE GENERAL

Dedicado a mi padre,
Hubert Lewis Earle
(25 octubre 1900-22 octubre 1967)

1
INTRODUCCION A LA INGENIERIA Y AL DISEÑO



1-1 INTRODUCCION

La ingeniería ha hecho importantes contribuciones al avance de nuestro sistema de vida, probablemente más que ninguna otra profesión. Esencialmente, todas nuestras actividades cotidianas se ven asistidas por productos, sistemas y servicios creados por el ingeniero. Nuestros servicios públicos, equipos de calefacción y refrigeración, automóviles, maquinaria y productos de consumo se proveen a un precio económico al grueso de la población, gracias a la ingeniería.

El ingeniero debe trabajar como miembro de un equipo compuesto de otras disciplinas relacionadas y, algunas veces, no relacionadas con la ingeniería. Muchos ingenieros han sido responsables por las innovaciones de los mecanismos salvavidas utilizados en medicina, los cuales fueron diseñados en cooperación con profesionales de la medicina. Otros ingenieros son representantes técnicos o vendedores que explican y demuestran las aplicaciones de productos técnicos a una sección especializada del mercado. Aunque existe una gran variedad de actividades dentro de la amplia definición de ingeniería, el ingeniero es básicamente un *diseñador*. Esta es la actividad que más lo distingue de los otros miembros asociados al equipo tecnológico.

Este libro está orientado hacia la presentación de los conceptos elementales del diseño relativos al campo de la ingeniería y a la aplicación de los gráficos de ingeniería y geometría descriptiva al proceso de diseño. Se dan ejemplos que tienen un problema de ingeniería como núcleo y que requieren organización, análisis, método de solución, principios gráficos, comunicación y habilidad (fig. 1-1). Se presentan problemas que requieren un mínimo de conocimientos tecnicos para poner énfasis en la organización, conceptualización y desarrollo de la solución del diseño en el cual los gráficos se utilizan como método fundamental de solución. Se incluye un gran número de ilustraciones con aplicaciones de la ingeniería para relacionar los principios teóricos con las situaciones reales. Estas ilustraciones presentan al estudiante los diversos campos de la ingeniería y lo familiarizan con la gran variedad de aplicaciones de los principios gráficos en el diseño y solución de problemas.

Este libro estimula la creatividad e imaginación como ingredientes esenciales de las actividades profesionales del ingeniero. Todos los principios que se presentan están organizados con el propósito de resaltar la importancia de la innovación y la experimentación en la solución de problemas elementales en ingeniería. Se emplea un tratamiento sistemático aplicado al desarrollo de la solución de un proyecto como formato para el volumen completo, siguiendo el proceso desde la identificación del problema hasta su realización final en

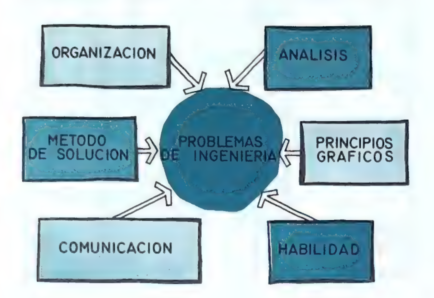


Fig. 1-1. Los problemas de este libro requieren la aplicación total de la ingeniería con el problema como tema central.

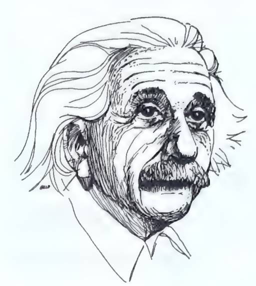


Fig. 1-2. Albert Einstein, el famoso físico, dijo que «la imaginación es más importante que el conocimiento...».

capítulos sucesivos. Albert Einstein, el famoso físico, dijo: «La imaginación es más importante que el conocimiento, puesto que el conocimiento es limitado, mientras que la imaginación abarca el mundo entero... estimulando el progreso, creando la evolución...»

Este capítulo definirá las actividades del equipo de ingeniería: científico, ingeniero, técnico, operario, diseñador, estilista y dibujante. Con el fin de familiarizar al estudiante, analizaremos en detalle cada uno de estos campos. El proceso de diseño que se utilizará como estructura de los siguientes capítulos se presentará en términos generales.

1-2 GRAFICOS DE INGENIERIA

Por gráficos de ingeniería se considera generalmente el área total de métodos gráficos utilizados para la solución de problemas e incluye dos campos de especialización: geometría descriptiva y dibujo de planos de trabajo. Dentro de esta área también se incluyen otras ramas que pueden utilizarse para una gran variedad de aplicaciones científicas y de ingeniería. Estas son: nomografía, matemáticas gráficas, ecuaciones empíricas, ilustración técnica, análisis vectorial, análisis gráfico y otras aplicaciones gráficas asociadas con cada una de las diferentes industrias de ingeniería. No se deben confundir los términos gráficos de ingeniería con dibujo mecánico, puesto que el primero va mucho más allá de la comunicación de una idea en la forma de un plano. El método gráfico es el medio fundamental para crear la solución de un problema que requiere innovaciones no disponibles aún para el diseñador. El gráfico es el método que el diseñador utiliza para pensar, resolver y comunicar sus ideas a través del proceso de diseño. El progreso de la humanidad puede atribuirse en gran parte al área de gráficos de ingeniería. Aun la más simple de las estructuras no se hubiera podido diseñar o construir sin dibujos, diagramas y detalles que explicaran su construcción (figura 1-3). Durante muchos años los dibujos técnicos estuvieron reducidos a dos dimensiones, generalmente a una vista plana. Se empleaban bosquejos adicionales y perspectivas para explicar las otras dimensiones del proyecto descrito. Poco a poco, los métodos gráficos evolucionaron hasta mostrar tres vistas relativas de un objeto para simular su representación tridimensional. La contribución más importante en el área de gráficos de ingeniería fue la geometría descriptiva, introducida por Gaspard Monge (fig. 1-4).

Geometría descriptiva. Gaspard Monge (1746-1818) es considerado «el padre de la geometría descriptiva». De joven, Monge utilizaba este método gráfico en la solución de problemas relacionados con fortificaciones y armamentos mientras seguía estudios militares

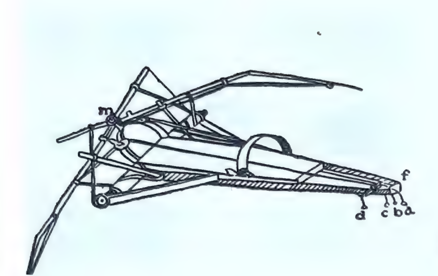


Fig. 1-3. Leonardo de Vinci desarrolló muchos diseños creativos por medio de métodos gráficos.



Fig. 1-4. Gaspard Monge, «el padre de la geometría descriptiva».

en Francia. Fue reprendido por su maestro al no resolver un problema por el entonces corriente, largo y tedioso proceso matemático tradicionalmente utilizado para problemas de este tipo. Solamente después de largas explicaciones y comparaciones de las soluciones por ambos métodos fue capaz de convencer a sus maestros de que sus métodos gráficos podían utilizarse para resolver el problema en un tiempo mucho menor. Este método fue tan superior a la solución matemática que permaneció como secreto militar durante quince años antes de que se permitiera enseñarlo como parte del plan técnico de estudios. Monge llegó a ser consejero científico y matemático de Napoleón durante su reinado como general y emperador de Francia.

La geometría descriptiva se ha simplificado desde el método «indirecto» de Monge al método «directo» utilizado actualmente. En el método indirecto se utiliza primordialmente la proyección en el primer cuadrante con la vista frontal sobre la vista de arriba, en donde las proyecciones se rotan sobre los planos principales para obtener las relaciones deseadas (fig. 1-5). El método directo utiliza el tercer cuadrante, con la vista de arriba sobre la vista frontal y las vistas auxiliares se proyectan directa y sucesivamente sobre planos auxiliares hasta encontrar las relaciones geométricas deseadas.

La geometría descriptiva puede definirse como la proyección de figuras tridimensionales sobre el plano bidimensional del papel en tal forma que permite manipulaciones geométricas conducentes a determinar longitudes, ángulos, formas y otras informaciones descriptivas de las figuras.

El tipo de problemas que se presta a soluciones por geometría descriptiva, aunque muy

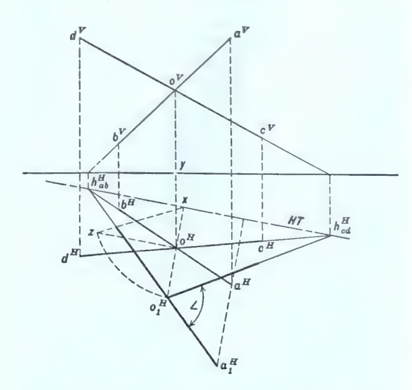


Fig. 1-5. Solución indirecta en geometría descriptiva, utilizando el método de Monge. (Cortesía de C. H. Schumann, Jr., *Descriptive Geometry*, 3.ª ed. Nueva York: Van Nostrand, 1938.)

común, generalmente presenta gran dificultad por métodos matemáticos. La simple determinación del ángulo entre dos planos es un problema básico de geometria descriptiva, pero muy dificil de hallar matemáticamente cuando el plano del ángulo no aparece en verdadera magnitud en las vistas dadas.

1-3 EL PROCESO DE DISEÑO

Diseño es el procedimiento utilizado en el desarrollo de la solución de un problema mediante la combinación de principios, medios y productos. Como se estableció al comienzo del capítulo, el diseño de un producto es la responsabilidad que más distingue al ingeniero del científico y del técnico. Sus soluciones pueden comprender consideraciones de componentes existentes en arreglos diferentes para producir un resultado más eficiente o pueden incluir el desarrollo de un producto enteramente nuevo; en cualquiera de estos casos, su trabajo se refiere al proceso de diseño. Este proceso no es el fenómeno de inspiración experimentado por unos cuantos, sino el resultado de un tratamiento sistemático y disciplinado del problema.

El proceso de diseño es la pauta corriente de actividades que el diseñador sigue para obtener la solución de un problema tecnológico. Se han sugerido muchas combinaciones de las etapas que capaciten al individuo para lograr los objetivos del diseño. Este libro hace hincapié en un proceso de diseño de seis etapas, compuesto en la secuencia comúnmente utilizada para resolver problemas. Estas seis etapas son: (1) Identificación del problema, (2) Ideas preliminares, (3) Perfeccionamiento, (4) Análisis, (5) Decisión y (6) Realización (fig. 1-6).

Los gráficos de ingeniería y la geometría descriptiva se han integrado a estas etapas para realizar su papel en el proceso creativo del diseño. Estas áreas son, probablemente, más importantes en el proceso de diseño que en cualquier otro campo de estudio en particular. Los siguientes artículos presentan el proceso de diseño, mientras que los restantes capítulos ilustran las aplicaciones de los gráficos al proceso de diseño.

Identificación del problema. Un gran número de problemas de ingeniería no está definido claramente ni tiene solución aparente. Como en cualquier situación problemática, es necesario que el problema se identifique y entienda antes de que se haga un intento para resolverlo (fig. 1-7). Por ejemplo, un problema que concierne a todo el mundo actualmente es la contaminación del aire. Si al lector se le asignara encontrar la forma de reducir la contaminación del aire, en primer lugar tendría que identificar el problema. Sabemos que muchas de las impurezas expulsadas a la atmósfera son nocivas y causan malestar general. Pero, ¿cuál es el problema? ¿El control de las fuentes de impurezas, su eliminación, el control de las condiciones atmosféricas que mantienen las impurezas o la creación de una atmósfera artificial libre de aire contaminado?

Suponga que existe un cruce defectuoso en donde las congestiones de tránsito son frecuentes. ¿Cuál es el problema? ¿Hay demasiados vehículos para la capacidad de la vía, es defectuosa la sincronización de las señales de tránsito, está mal dirigido el tránsito o hay obstrucciones visuales que producen

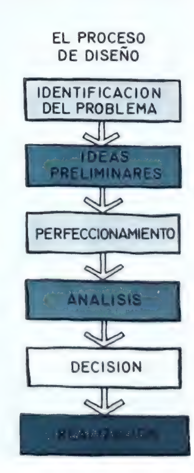


Fig. 1-6. Las etapas del proceso de diseño.

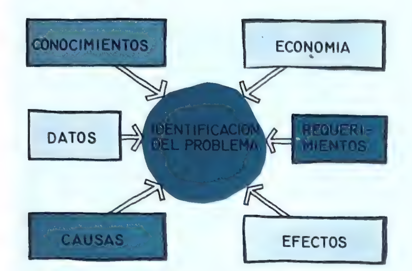


Fig. 1-7. La identificación requiere la acumulación de tanta información acerca del problema como sea posible, antes de intentarse una solución.

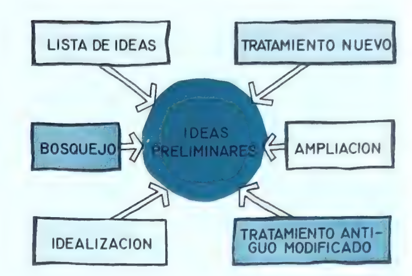


Fig. 1-8. Las ideas preliminares se desarrollan con posterioridad a la culminación de la etapa de identificación. Todas las posibilidades deben listarse y dibujarse para dar al diseñador una amplia gama de ideas con las cuales pueda trabajar.

la congestión? Las respuestas a estas preguntas ayudarán mucho a la identificación del problema y a la obtención de una conclusión. Algunos datos tomados en el sitio pueden proporcionar información valiosa en la identificación del problema.

Ideas preliminares. Una vez identificado el problema, el siguiente paso consiste en acumular tantas ideas como sea posible para su solución (fig. 1-8). Las ideas preliminares pueden obtenerse individualmente o por grupos. Estas ideas deben ser lo suficientemente amplias como para permitir soluciones que puedan revolucionar métodos actuales. Todas las ideas deben anotarse. Se deben hacer y archivar los bosquejos de estas ideas preliminares como medio generador de ideas originales y estímulo en el proceso de diseño. Las ideas y comentarios deben anotarse en los bosquejos como ayuda para profundizar en los diseños preliminares.

Las ideas preliminares se pueden obtener por medio de varios métodos comúnmente utilizados; estos incluyen: reuniones de intercambio de ideas, análisis de mercados o investigación de las soluciones actuales. Estos métodos se explicarán en detalle en capítulos posteriores. Todo trabajo es más útil si se presenta en forma de gráfica, dada su facilidad de análisis.

Perfeccionamiento del problema. Algunas de las mejores ideas preliminares deben seleccionarse para mayor perfeccionamiento con el fin de determinar sus méritos reales. Los bosquejos se dibujan a escala que permita el análisis especial, la determinación de dimensiones críticas y el cálculo de áreas y volúmenes que afecten al diseño. Deben tenerse en cuenta las relaciones espaciales, los ángulos entre planos, las longitudes de los elementos estructurales y las intersecciones de superficies. Esta información es necesaria para determinar la posibilidad de manufactura y las características físicas del diseño. La geometría descriptiva es una herramienta muy útil para determinar este tipo de información y elimina la necesidad de tediosos métodos matemáticos y analíticos. Los gráficos de ingeniería se emplean para construir las vistas necesarias del diseño que permiten luego el análisis de sus características espaciales por medio de la geometría descriptiva.

La fig. 1-9 muestra el tren de aterrizaje de un vehículo lunar para ilustrar un problema de este tipo. Fue necesario que el diseñador hiciera muchos bosquejos del diseño y, finalmente, un dibujo a escala para establecer su acomodación a la superficie de aterrizaje. La configuración del tren de aterrizaje se dibujó a escala en las vistas descriptivas del vehículo. Fue necesario, entonces, determinar ciertas longitudes, ángulos y especificaciones fundamentales para la fabricación del mecanismo. Hubo necesidad de hallar la longitud de cada

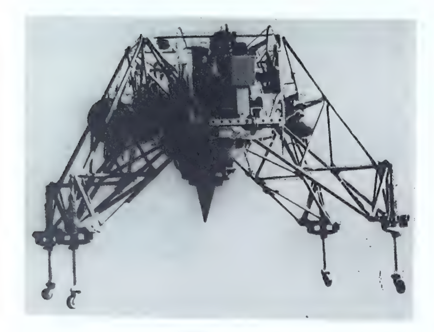


Fig. 1-9. En el perfeccionamiento del vehiculo lunar fue necesario determinar ángulos, longitudes, juntas y tolerancias por medio de la geometría descriptiva y otros métodos gráficos antes de que fuera posible un análisis de su estructura. (Cortesia de Ryan Aircraft Corporation.)

pata del aparato y los ángulos entre las patas y el cuerpo del vehículo para diseñar estas juntas. Toda esta información se determinó rápida y fácilmente utilizando la geometría descriptiva. La aplicación de la geometría descriptiva como medio preliminar para encontrar esta información facilita el empleo de principios analíticos para convertir esta información a ecuaciones utilizadas en la solución matemática. Los capítulos 6 a 12 se dedican al empleo de los métodos gráficos en el perfeccionamiento de problemas.

Análisis. El análisis es la etapa del proceso de diseño en donde se utilizan más la ingeniería y los principios científicos (fig. 1-10). El análisis se dedica al estudio de los mejores diseños para determinar los méritos relativos de cada uno en lo que respecta a costo, resistencia, función y atractivo comercial. Los principios gráficos se pueden utilizar en gran parte en el análisis. La determinación de esfuerzos es, en cierta forma, más sencilla si se utilizan gráficos vectoriales en vez de métodos analíticos. Las relaciones funcionales entre partes móviles proporcionan datos más fáciles de obtener con gráficos que con métodos analíticos. Las soluciones gráficas de problemas analíticos ofrecen métodos de comprobación inmediatos y, por consiguiente, reducen el tiempo de comprobación. Los métodos gráficos también se pueden utilizar en la conversión de las funciones de mecanismos a un formato gráfico que le permite al diseñador convertir esta función en una ecuación fácil de emplear. Algunos datos difíciles de analizar matemáticamente pueden ordenarse y analizarse gráficamente. Por ejemplo, las curvas empíricas que no conforman una ecuación normal, a menudo se integran gráficamente, evitando el proceso matemático que traería consigo ecuaciones complicadas.

Los métodos gráficos constituyen complementos vitales para las ciencias de ingeniería que se aplican en el proceso de análisis. El conocimiento de estos métodos por parte del ingeniero, técnico y diseñador es indispensable con el propósito de disponer de toda su ayuda para resolver eficientemente un problema en un tiempo mínimo. Los capítulos 13 y 14 cubren esta parte del proceso de diseño. Los factores humanos constituyen la base de un diseño y se dan como introducción a esta área importante.

Los modelos a escala reducida son invaluables en el análisis de un diseño para establecer las relaciones entre las partes móviles y la apariencia exterior y para evaluar otras características del diseño. Los prototipos en tamaño

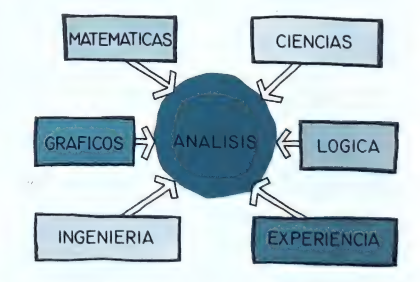


Fig. 1-10. La fase del análisis en el proceso de diseño consiste en la aplicación de todos los métodos tecnológicos posibles, desde ciencias hasta gráficos, para evaluar los diseños perfeccionados

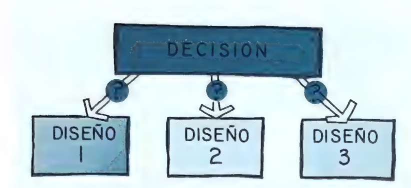


Fig. 1-11. Decisión es la selección del mejor diseño o de las mejores cualidades del diseño que deben ser realizadas.

natural se construyen después de que se ha estudiado el funcionamiento de los modelos a escala. Estos prototipos proporcionan un modelo tangible sobre el cual se pueden desarrollar innovaciones antes de acometer su manufactura en gran escala. Los métodos gráficos se utilizan como herramientas para modificar los diseños en cada revisión.

Decisión. En esta etapa se debe tomar una decisión con el fin de seleccionar el diseño único que será aceptado como la solución del problema (fig. 1-11). Cada uno de los diversos diseños que han sido perfeccionados y analizados ofrecerá cualidades propias y seguramente será imposible incluir todas estas cualidades en la solución final. En muchos casos, el diseño final representa la alternativa que reúne el mayor número de las mejores cualidades.

El diseñador o un grupo de asociados puede tomar la decisión. Sin atender al tamaño del grupo que toma la decisión acerca de cuál diseño será aceptado, los gráficos son el medio fundamental de presentación de los diseños propuestos. Los aspectos sobresalientes de cada diseño generalmente se prestan para presentación en forma de gráficos comparativos de costo de fabricación, peso, características operacionales y otros datos de consideración en la decisión. Los bosquejos en perspectiva o las ilustraciones son métodos excelentes para estudiar gráficamente los diferentes diseños antes de llegar a una decisión.

Cuando se trabaja en proyectos menores, el diseñador debe comunicarse consigo mismo por medio de estos métodos si es él quien tiene que decidir independientemente. Cuando la aprobación de un diseño proviene de un grupo de asociados o de personas para quienes los aspectos técnicos son desconocidos, existen diferentes tipos de gráficos que satisfacen las necesidades de la audiencia y ayudan en el proceso decisorio. Para comunicar las ventajas y desventajas de cada diseño en la forma más clara posible, se pueden utilizar esquemas detallados, gráficas y perspectivas. El capítulo 17 está dedicado a esta parte del proceso de diseño.

Realización. La idea final del diseño debe presentarse en forma funcional después de la elección del mejor diseño. Este tipo de presentación se refiere esencialmente a los planos de trabajo y especificaciones que se utilizarán en la fabricación del producto, bien sea que se trate de una pieza de maquinaria o de un puente (fig. 1-12). Los fundamentos de los gráficos de ingeniería deben utilizarse para traducir el diseño preliminar y sus datos al lenguaje del fabricante, quien será el responsable de la conversión de estas ideas en realidades. Los operarios deben recibir instrucciones completas y detalladas para la fabricación de cada pieza con la precisión adecuada para facilitar su manufactura. Los planos de trabajo deben ser suficientemente detallados y explícitos para constituir la base legal del contrato que será el documento de licitación.

Los planos, generalmente, están a cargo de dibujantes y técnicos especializados en el área. El diseñador o ingeniero debe tener suficientes conocimientos de presentación gráfica con el fin de supervisar la preparación de los planos aun cuando no esté al tanto de

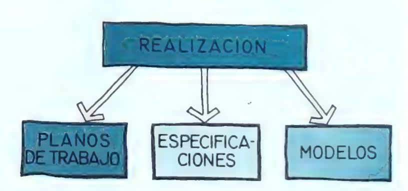


Fig. 1-12. La realización es la etapa final del proceso de diseño, en la cual se preparan los planos y las especificaciones para la construcción final del producto.

la mecánica de su confección. También debe aprobar todos los planos y especificaciones antes de su producción. Esta responsabilidad hace necesario que el ingeniero conozca todos los aspectos de las técnicas gráficas que lo capaciten para aprobar los planos con plena confianza. Esta etapa del proceso de diseño es tal vez menos creativa que los pasos anteriores, pero no menos importante.

1-4 EL EQUIPO DE INGENIERIA

La profesión del ingeniero se ha ensanchado a una velocidad considerable durante los últimos años debido a la aparición de nuevos procesos y campos de especialización desconocidos hace diez años. El aumento en la complejidad de la ingeniería ha hecho necesario que las responsabilidades profesionales sean realizadas por gente altamente calificada y con entrenamiento especializado. De esta manera, la ingeniería debe realizarse como un esfuerzo de equipo en el cual muchas disciplinas toman parte en cada proyecto. Un proyecto puede incluir diseño mecánico, un sistema electrónico avanzado, una estructura y un proceso químicos y, por tanto, puede necesitar muchos ingenieros, técnicos y expertos que completen el diseño. Esta estructura de la tecnología industrial en evolución continua requiere que los equipos de ingenieros funcionen como una unidad integral. A continuación se describen los diferentes miembros del equipo.

El científico. El científico es esencialmente un investigador que busca establecer nuevas teorías y principios por medio de experimentación y comprobación (figs. 1-14 a 1-17). Con frecuencia, el investigador no se preocupa por la aplicación de los principios en desarrollo, sino que está interesado únicamente en aislar relaciones importantes. Los descubrimientos científicos se utilizan como base de la investigación particularizada y del desarrollo de sus aplicaciones prácticas, de tal manera que pueden pasar varios años hasta que aparezcan realmente.

El ingeniero. El entrenamiento del ingeniero en las ciencias, las matemáticas y los procesos industriales, lo preparan para aplicar a problemas prácticos los principios básicos descubier-

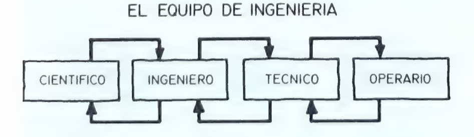


Fig. 1-13. El equipo de ingeniería

Fig. 1-14. Un científico estudia la membrana delgada del acetato de celulosa utilizada en una técnica de ósmosis reversible en la exploración de nuevos métodos de desalinización de aguas. (Cortesía de General Dynamics.).

Fig. 1-15. Un científico lee los manómetros que miden el flujo de gas de un horno utilizado para producir cristales de fosfato de galio. Estos cristales son indispensables en la investigación de la quimicoluminiscencia.

Fig. 1-16. Un científico ajusta el flujo de gas de un laser de alta potencia; éste, que mezcla helio, dióxido de carbono y nitrógeno, ha producido continuamente salidas de más de 106 vatios, la mayor potencia continua obtenida hasta ahora en cualquier laser

Fig. 1-17. Estos científicos trabajan en uno de los descubrimientos más recientes, el laser, conduciendo un estudio en un laser helio neón para determinar la relación entre la potencia de salida y la longitud de la cavidad. (Cortesía, con las dos figuras anteriores, de Bell Telephone Laboratories.)

Fig. 1-18. Este modelo a escala de la represa Hoover muestra la aplicación satisfactoria de principios científicos a problemas prácticos. Esta famosa represa fue construida en 1932 y es una de las grandes obras de ingeniería. (Cortesía del Bureau of Reclamation.)

Fig. 1-19. El ingeniero evalúa nuevas técnicas de soldadura sujeta a las altas presiones y temperaturas que se presentan en operaciones de refinería. Al fondo se observan series de recubrimientos anticorrosivos que van a experimentarse. Esta clase de estudios permite al ingeniero diseñar unidades seguras de operación durante largo tiempo, evitando así el costoso tiempo cesante. También son importantes en la minimización de los costos de construcción.

Fig. 1-20. Estos ingenieros trabajan en una unidad de prueba diseñada para resolver el problema del atascamiento de cobre en la tubería de los hornos de una planta de procesos. La solución de este problema eliminaría el tiempo cesante que toma la limpieza o sustitución del tubo (Cortesía, con la figura anterior, de Exxon Research and Engineering Company.)

Fig. 1-21. El combustible de un reactor de alta temperatura, refrigerado por gas, se pesa antes de compactarse. Un técnico entrenado para asistir al ingeniero o científico puede realizar labores de este tipo. (Cortesía de General Dynamics.)

Fig. 1-22. Estos operarios están ensamblando un molde de arena soplado por Co_2 para producir la carcasa de una transmisión de 186 libras. La formaleta delante de ellos es parte del molde. (Cortesía de ALCOA.)



1-14

1-15

1-16

1-17

1-18

1-19

1-20

1-21

1-22

tos por el científico (fig. 1-18). El ingeniero trabaja en la conversión de materias primas y fuentes de energía en productos y servicios. El ingeniero se distingue del científico por el énfasis que pone en la aplicación práctica de los principios básicos. La aplicación de estos principios a nuevos productos o sistemas constituye el proceso de diseño, que es función esencial del ingeniero y requiere el más alto grado de creatividad. El ingeniero debe preocuparse siempre por la eficiencia y economía de sus diseños para prestar así el mejor servicio a la sociedad (fig. 1-19). En términos generales, el arte del ingeniero consiste en utilizar principios y recursos disponibles para lograr un fin práctico a costo razonable (fig. 1-20). Las secciones 1-6 a 1-15 contienen información adicional referente a los campos específicos de la ingeniería.

El técnico. El técnico es un individuo con entrenamiento especial para asistir al ingeniero a nivel semiprofesional. Su trabajo puede ir desde experimentos técnicos de laboratorio hasta supervisión de producción (fig. 1-21). En general, el técnico establece la comunicación entre el ingeniero y el operario, quien se encarga de la construcción del diseño. El técnico debe ejercitar enormemente su juicio e imaginación en su trabajo y, además, asumir responsabilidades superiores a las del operario, quien únicamente se preocupa por seguir las especificaciones con el mínimo de variación.

El operario. El operario es un miembro vital del equipo de ingeniería, puesto que tiene que ver con la realización del diseño mediante su producción de acuerdo con las especificaciones del ingeniero (fig. 1-22). Puede ser el mecánico que fabrica los diferentes elementos del producto o el electricista que ensambla sus componentes eléctricos. Los operarios no son menos importantes que el resto del equipo, puesto que proporcionan la habilidad técnica que no posee el ingeniero o el técnico. La habilidad para producir cierto elemento de acuerdo con las especificaciones del diseño es tan necesaria como el diseño. Los operarios pueden ser: electricistas, soldadores, mecánicos, armadores, dibujantes y muchos otros.

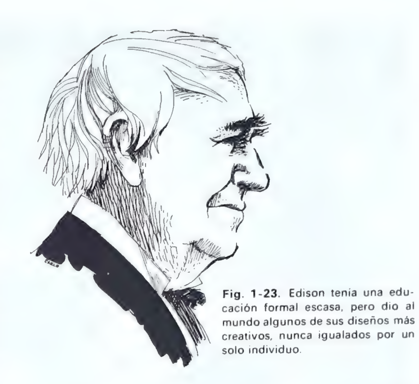


Fig. 1-23. Edison tenía una educación formal escasa, pero dio al mundo algunos de sus diseños más creativos, nunca igualados por un solo individuo.

El diseñador. Es el individuo que posee talento especial para crear soluciones para problemas tecnológicos. Con frecuencia, y erróneamente, se considera al diseñador como una persona con habilidades artísticas o estéticas únicamente preocupada por la apariencia de un diseño. Esta área del diseño la cubre el «estilista». El diseñador puede ser un ingeniero, un inventor o una persona con talento especial para desarrollar soluciones creativas, que puede o no tener conocimientos de ingeniería. Este es el caso de algunas áreas modernas de la tecnología en las cuales no han existido mayores precedentes establecidos por experiencias anteriores. Thomas A. Edison (figura 1-23) tenía una educación formal escasa, pero tuvo la habilidad excepcional de diseñar y perfeccionar algunos de los diseños más importantes en la historia. Puede suceder que la educación formal limite las habilidades de diseño del ingeniero. De aquí que, apresuradamente, se puede tildar una idea de imposible cuando, en realidad, un diseñador sin conocimientos previos que ensaya su factibilidad la puede resolver.

El diseñador debe definir el problema con base en las necesidades y desarrollar y analizar las soluciones con base en los factores que afectan estos requisitos. Debe pesar el costo, manufactura, factores humanos, sencillez, fun-

cionamiento y apariencia. El diseñador de un artefacto doméstico, por ejemplo, debe determinar en primer lugar qué tipo de producto se necesita. Debe comprender al consumidor para quien lo diseña, para así poder determinar el costo más aceptable y, por tanto, conocer el mercado potencial del producto. Debe diseñar el método de operación, la fuente de potencia y el empaque del sistema y, además, determinar su capacidad y límites de operación.

El estilista. Es la persona encargada más del aspecto exterior del producto que del desarrollo del diseño funcional (fig. 1-24). El estilista puede estar interesado en el diseño del cuerpo de un automóvil o de la configuración de una plancha eléctrica. Debe preocuparse por desarrollar el diseño funcional apropiado para su empleo, pero no tiene nada que ver con el diseño total del produto. El estilista debe poseer gran capacidad estética y visión acerca de la aceptación de sus diseños por parte del consumidor.



1-24



1-25

El estilista que diseña la carrocería de un automóvil tiene en mente requisitos funcionales tales como visibilidad del conductor, acomodación de pasajeros, espacio para la unidad de potencia, etc. Sin embargo, no le compete el diseño de partes como el motor o el mecanismo de dirección. Su interés radica en el aspecto exterior del automóvil de acuerdo con las limitaciones impuestas por los sistemas operacionales de la unidad. El perfeccionamiento de estos sistemas ha permitido la evolución del estilo hasta obtener carrocerías más bajas y aerodinámicas (fig. 1-25).

1-5 CAMPOS DE LA INGENIERIA

Las siguientes secciones presentan brevemente las áreas de ingeniería más importantes y describen las responsabilidades de los ingenieros empleados en estos campos de la profesión. La descripción dada presenta únicamente las actividades básicas, aunque cada una de las áreas discutidas es considerablemente más extensa.

También se describen los nuevos campos de la tecnología con el fin de mostrar esta área de la industria en desarrollo acelerado. El técnico se ha constituido en un miembro indispensable del equipo de ingeniería. El área del dibujante se incluye para identificar esta ocupación y exponer su interrelación con el ingeniero y el técnico, quienes también utilizan los procesos gráficos, aunque en forma diferente y con objetivos diferentes.

1-6 INGENIERIA AEROESPACIAL

El advenimiento de la exploración espacial ha sido esencial en el desarrollo y expansión de la ingeniería aeroespacial. Los ingenieros aeroespaciales también han hecho importantes contribuciones al progreso del transporte aéreo.

Fig. 1-24. El estilista debe preocuparse más por el aspecto exterior que por las caracteristicas funcionales del diseño. (Cortesía de Ford Motor Company.)

Fig. 1-25. Este prototipo experimental, diseñado por un estilista, saldrá al mercado en el futuro inmediato. (Cortesía de Rohm and Haas Company.)



Fig. 1-26. Al ingeniero aeroespacial le corresponde el diseño y prueba de aeronaves para determinar el vehículo más eficiente. (Cortesía de Kaman Aircraft Corporation.)

Los ingenieros dedicados al campo de la exploración espacial, dentro de esta profesión, trabajan en todo tipo de vehículos aéreos y espaciales, incluyendo proyectiles, cohetes y aviones convencionales de hélice y a chorro. Sus responsabilidades comprenden la elaboración de productos aeroespaciales desde su planeación y diseño hasta su manufactura y prueba final (fig. 1-26).

La ingeniería aeroespacial estudia el vuelo en todos sus aspectos, velocidades y altitudes. Los proyectos de ingeniería aeroespacial van desde los complicados vehículos que deben recorrer los 350 millones de millas que nos separan de Marte hasta los equipos utilizados en exploración submarina. Este campo de la ingeniería abarca muchas disciplinas especializadas. Por esto, la mayoría de los ingenieros aeroespaciales se especializan en un área específica de trabajo. Estas áreas pueden ser: (1) aerodinámica, (2) diseño estructural, (3) instrumentación, (4) sistemas de propulsión, (5) materiales, (6) control de calidad y (7) métodos de producción. Pueden también especializarse en productos particulares, tales como: aviones convencionales, aviones militares a chorro, cohetes, satélites o cápsulas espaciales tripuladas (figs. 1-27 y 1-28).

A grandes rasgos, la ingeniería aeroespacial se puede dividir en dos grandes áreas: ingeniería de investigación e ingeniería de diseño. Concierne al ingeniero de investigación la exploración de principios conocidos en busca de nuevas ideas y conceptos. Por su parte, el ingeniero de diseño convierte los nuevos conceptos desarrollados por el investigador en aplicaciones funcionales para el mejoramiento de las condiciones existentes. Los ingenieros especialistas en cada una de estas dos áreas deben tratar las incógnitas de esos campos con creatividad, habilidad y conocimiento. Este método ha llevado a la ingeniería aeroespacial desde el primer vuelo de los hermanos Wright en Kitty Hawk (Carolina del Norte) hasta la penetración en el espacio exterior con futuro ilimitado (fig. 1-29).

Los especialistas en ingenierías afines son de vital importancia en el equipo de ingeniería aeroespacial. Muchas de estas especialidades son nuevas en el campo de la ingeniería. Algunas de estas son: 1) aviónica—el estudio de sistemas de comunicación y control de vuelo electrónicos y por computador; 2) equipo—el diseño y la instalación de los equipos de navegación, hidráulico, bélico, supervivencia, eléctrico y comodidad de acuerdo con la operación funcional del vehículo; 3) materiales y procesos—el desarrollo, prueba y evaluación de nuevos materiales, tales como plásticos, para determinar su aplicación al diseño de vehículos aeroespaciales; 4) metalúrgica—la evaluación y prueba de metales nuevos y especialmente tratados para determinar cuáles son los más eficientes en artefactos aeroespaciales.

El ingeniero aeroespacial puede dedicar su carrera al estudio de diversos sistemas de ingeniería dentro de este nuevo campo en continua expansión. Los problemas del campo aeroespacial ofrecen oportunidades ilimitadas a los ingenieros con imaginación que emprenden la aventura de la exploración en esta joven y prometedora área de la tecnología.

1-7 INGENIERIA AGRICOLA

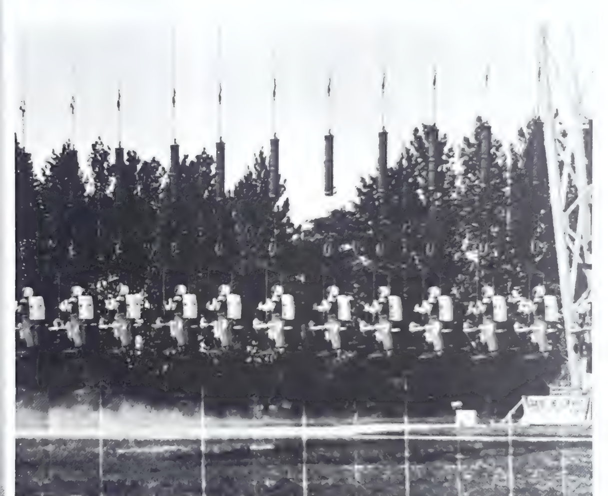
Los ingenieros agrícolas están entrenados para trabajar en la industria más grande del mundo, la agricultura. Este tipo de ingeniería está relacionado con los problemas de producción, procesamiento y manejo de alimentos y fibras. Existen cuatro áreas de especialización en la agricultura: potencia mecánica y maquinaria, estructuras agrarias, potencia eléctrica y equipo


1-27

Fig. 1-27. Los ingenieros aeroespaciales están íntimamente envueltos en el desarrollo de nuevos aparatos voladores. Se está probando este aparato volador monoplaza para establecer la factibilidad de su empleo por astronautas en la superficie lunar. La prueba es conducida bajo un sistema controlado que simula la fuerza de gravedad lunar.

Fig. 1-28. Esta secuencia de fotografías muestra la operación de prueba del vehículo monotripulado «Pogo» de la Bell Aerosystems Company

Fig. 1-29. Los ingenieros aeronáuticos confrontan problemas ilimitados en el diseño de vehículos para la exploración del espacio, uno de los campos más recientes de la ingeniería. (Cortesía, con las dos figuras anteriores, de la NASA.)


1-28

de proceso y, por último, conservación y control de aguas y suelos.

Potencia mecánica. Al ingeniero agrícola que trabaja con los fabricantes de equipo agrario concierne el estudio de equipos diesel y de gasolina, tales como bombas, maquinaria de irrigación y tractores. La maquinaria agrícola diseñada por los ingenieros agrícolas ha contribuido eficazmente al incremento en la producción agraria (fig. 1-30). Ejemplos de este tipo de maquinaria son los diseños para secado eléctrico de forrajes, procesamiento y pasteurización de leche, procesamiento de frutos y

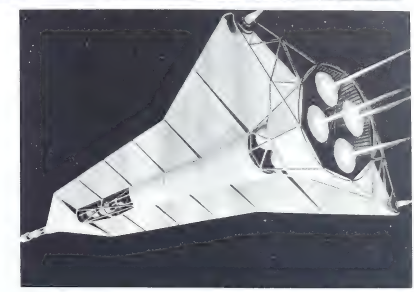

1-29



Fig. 1-30. El ingeniero agrícola tiene la responsabilidad de diseñar y probar nuevos aparatos agrícolas para mejoramiento de la producción y reducción de costos. (Cortesía de John Deere Company.)



Fig. 1-31. El ingeniero agrícola contribuye a mejorar la producción mediante el diseño y la ejecución de sistemas de riego, como en la sabana de Bogotá, Colombia. (Cortesía de CAR, Bogotá, Colombia.)

calefacción artificial del ambiente para la cría de animales.

Estructuras agrarias. La construcción de eras, albergues, silos, graneros, centros de procesamiento y otras construcciones agrarias requieren la participación de agrónomos especializados. El diseño de este tipo de edificios exige que el ingeniero entienda de calefacción, ventilación y transformaciones químicas que regulan el almacenamiento de cosechas. Puede también supervisar investigaciones para mejorar el diseño y construcción de estas estructuras.

Potencia eléctrica. Un elevado porcentaje del equipo agrícola utiliza electricidad. El ingeniero agrícola diseña sistemas eléctricos y escoge el equipo que produce operación eficiente según la situación específica. Puede trabajar como asesor o diseñador de un fabricante o procesador de productos agrícolas. Sus conocimientos pueden mejorar las condiciones de vida y de trabajo en actividades rurales.

Control de aguas y suelos. El desarrollo de mejores sistemas de irrigación y drenaje, el mejoramiento de sementeras y la construcción de depósitos de agua son responsabilidades del ingeniero agrícola.

El ingeniero agrícola no está limitado a trabajar en áreas rurales. Un gran número de ellos trabaja con los fabricantes de equipo. Aunque él no viva en una granja o trabaje directamente en agricultura, es importante que entienda de problemas de agricultura, de cosechas, de animales y de la gente que labora en las granjas. El ingeniero agrícola tiene casi los mismos conocimientos en fundamentos de ingeniería que los requeridos en otros campos de la ingeniería.

Es de esperarse que el panorama de la agronomía continúe creciendo con el incremento de las necesidades agrícolas producidas por el aumento de población y la mecanización de todas las fases del proceso agrícola. Los ingenieros agrícolas tendrán que afrontar en el futuro los problemas de conservación de recursos y la introducción de nuevos productos agrícolas.

1-8 INGENIERIA QUIMICA

La ingeniería química estudia el diseño y selección del equipo que simplifica el proceso y manufactura de productos químicos a gran escala. Estos diseños están íntimamente rela-

cionados con los principios de la química y aquellos campos de ingeniería que facilitan la producción económica y eficiente de los productos químicos. Estos productos, logrados gracias a la ingeniería química, han contribuido enormemente a la elevación de nuestro nivel de vida (fig. 1-32).

Los ingenieros químicos diseñan operaciones unitarias, tales como transporte de fluidos en ductos y tuberías, transporte de materiales sólidos a través de tubos y transportadores, transferencia de calor de un fluido o sustancia a otro fluido o sustancia a través de láminas o tuberías, absorción de gases por lavado a través de líquidos, evaporación de líquidos para aumentar la concentración de soluciones, destilación a temperatura controlada para separar líquidos mezclados y muchos otros procesos similares. Pueden emplear reacciones químicas de productos básicos tales como oxidación, hidrogenación, reducción, clorinación, nitración, sulfonación, pirólisis y polimerización (fig. 1-33). De estas reacciones salen nuevos materiales y productos.

El control de procesos y la instrumentación han llegado a ser especialidades importantes de la ingeniería química. La manipulación y el control de grandes cantidades de material deben ser posibles dentro de un alto grado de exactitud y precisión. El proceso de control se diseña para la operación completamente automática con instrumentos para la medición de calidad y cantidad. En muchos casos, el diseño de estos instrumentos automáticos para el procesamiento de nuevos productos es responsabilidad del ingeniero químico.

Los ingenieros químicos desarrollan y procesan sustancias químicas tales como ácidos, álcalis, sales, alquitranes, colorantes, sintéticos, plásticos, insecticidas, fungicidas y muchos otros para usos industrial y doméstico. Está relacionado con drogas y medicina, cosméticos, explosivos, cerámicas, cementos, pinturas, productos del petróleo, lubricantes, fibras sintéticas, caucho y detergentes (fig. 1-34). También diseña equipo para preparación de alimentos y plantas de enlatados.

El ingeniero químico trabaja con ingenieros metalúrgicos y de minas en el diseño de equipo

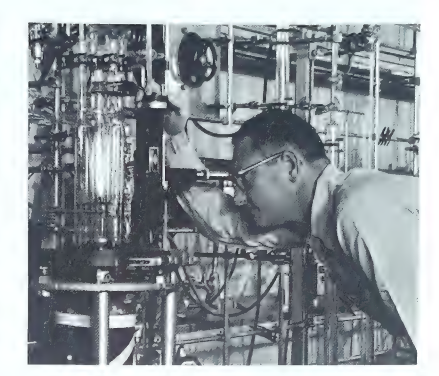


Fig. 1-32. Este ingeniero químico conduce experimentos de nuevos métodos de refinación para mejorar la calidad de los productos. (Cortesia de Humble Oil and Refining Company.)

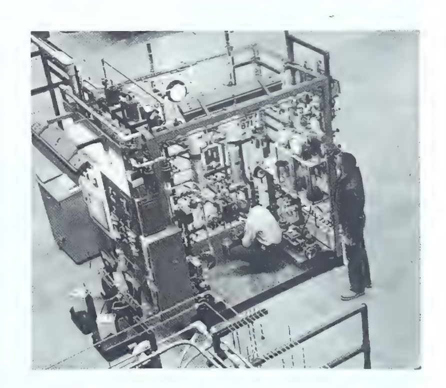


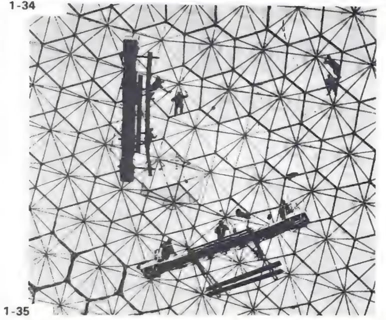
Fig. 1-33. La planta piloto es la última etapa que sufre un nuevo proceso desde su concepción, en el laboratorio científico, antes de ser entregado al ingeniero químico para su desarrollo y construcción a escala comercial. Estas plantas varían en tamaño desde el modelo de laboratorio capaz de producir un vaso diario del producto hasta impresionantes plantas de 10 pisos con producción del orden de toneladas. Así, el ingeniero tiene otro medio de comprobar la eficiencia del proceso, de obtener la combinación óptima de presiones, temperaturas y otras variables que aseguran la producción continua y económica de productos de alta calidad. (Cortesia de Exxon Research and Engineering Company.)

de procesos y en el diseño y montaje de plantas. Debe estar versado en química y estar capacitado para discutir el diseño y operación de la planta con el operador. Esta combinación requiere que el ingeniero químico domine las diversas disciplinas para elegir las especialidades en las cuales va a trabajar.

Un gran porcentaje de los ingenieros químicos trabaja en industrias manufactureras, principalmente en la industria química. Los restantes trabajan con entidades gubernamentales, institutos de investigación; otros trabajan como ingenieros consultores. Entre los nuevos campos que requieren ingenieros químicos están los de ciencias nucleares, combustibles para cohetes y contaminación atmosférica. Se espera que el desarrollo de nuevas drogas,



1-34

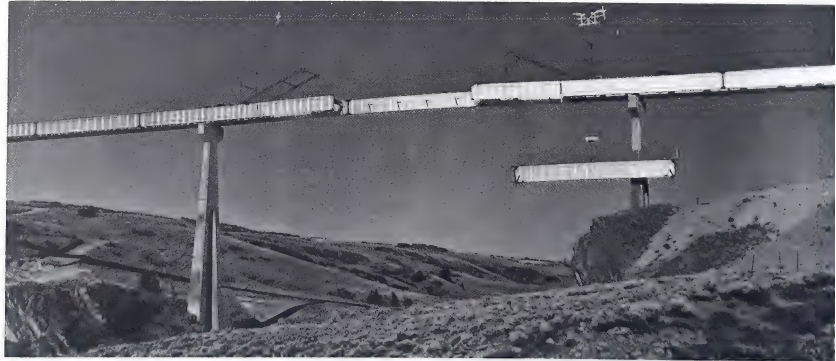


1-35

Fig. 1-34. Los esfuerzos del ingeniero químico, en combinación con ingenieros de otros campos, se ven realizados en la construcción y operación de esta refinería que produce elementos vitales para nuestra economía y necesidades (Cortesía de Exxon Research and Engineeing Company.)

Fig. 1-35. Ingenieros civiles especializados en construcción supervisan proyectos tales como la edificación del pabellón de EE. UU. en Expo 67, Canadá. El domo geodésico de 250 pies de diámetro está recubierto con placas de plástico acrílico. (Cortesía de Rohm and Haas Company.)

Fig. 1-36. Los ingenieros civiles, por medio de la ingeniería de estructuras, construyen puentes, edificios y las superestructuras tan comunes en nuestro tiempo. (Cortesía de Colorado Department of Highways.)



1-36



Fig. 1-37. El ingeniero civil presta sus servicios en el diseño y construcción de vías de acceso, como en este Parcelamiento Industrial en Matanzas, Estado Bolívar, Venezuela. (Cortesía de la Corporación Venezolana de Guayana.)



Fig. 1-38. El pulpo, Caracas, Venezuela, es un ejemplo de las soluciones imaginativas y creativas que puede dar el ingeniero civil al creciente problema del control y distribución del tránsito urbano.

fertilizantes, pinturas y toda clase de productos químicos aumente la demanda de ingenieros químicos en el futuro.

1-9 INGENIERIA CIVIL

La ingeniería civil, la más antigua de las ramas de ingeniería, está íntimamente relacionada con casi todas nuestras actividades cotidianas. Los edificios en donde vivimos y trabajamos, los medios de transporte que utilizamos, el agua que bebemos y los sistemas de alcantarillado son productos de la ingeniería civil. Los ingenieros civiles diseñan y supervisan la construcción de carreteras, muelles, aeropuertos, túneles, puentes, acueductos y sistemas de alcantarillado y muchos otros tipos de estructuras. Los ingenieros civiles se pueden especializar en un gran número de áreas dentro de su campo; las siguientes son las más importantes: construcción, urbanismo, estructuras, ingeniería hidráulica, transportes, carreteras e ingeniería sanitaria.

Los ingenieros de construcción están encargados de la administración de recursos, nómina de trabajadores, finanzas y materiales necesarios para la construcción de un proyecto. Estos proyectos pueden variar desde la edificación de un rascacielos hasta el movimiento de concreto y tierra (fig. 1-35).

Los urbanistas desarrollan planos según las proyecciones de expansión de las ciudades y los diversos sistemas necesarios para su operación. El estudio de trazado de calles, división por zonas y zona industrial son problemas típicos de urbanismo.

Los **ingenieros de estructuras** son responsables del diseño y supervisión de la construcción de sistemas estructurales, por ejemplo: edificios, represas, plantas eléctricas, estadios y puentes entre otros (fig. 1-36). La resistencia y la apariencia son consideraciones de importancia en el diseño de estructuras de este tipo para satisfacer económicamente las necesidades.

Los **ingenieros hidráulicos** trabajan con el comportamiento del agua desde su conservación hasta su transporte. Diseñan depósitos, canales, represas, tuberías, sistemas de alcantarillado y otros métodos de control y utilización de agua y derivados del petróleo.

Los **ingenieros de transportes** trabajan en el desarrollo y mejoramiento de ferrocarriles y aerolíneas en todas sus fases de operación. La construcción, modificación y el mantenimiento de ferrocarriles están bajo la supervisión de ingenieros civiles. El diseño y la construcción de pistas, torres de control, terminales

de pasajeros y de carga y hangares de aeropuertos son obras de ingenieros civiles especializados en transportes.

Los **ingenieros de carreteras** desarrollan las redes complejas de carreteras, autopistas e intercambios a través de los cuales se mueve el tránsito de automóviles. Estos sistemas requieren el diseño de túneles, puentes y sistemas de control (fig. 1-38).

Los **ingenieros sanitarios** contribuyen a mantener la salud pública por medio de la purificación de aguas, control de contaminación y desperdicios. Estos sistemas abarcan el diseño de tuberías, plantas de tratamiento, represas y sistemas afines.

Las actividades del ingeniero civil están muy diversificadas, con oportunidades en una gran variedad de sitios, desde centros urbanos hasta lugares remotos de construcción. Por su experiencia en la administración y solución de los problemas ambientales, muchos ingenieros civiles ocupan posiciones administrativas y gubernamentales. Gran número de ingenieros civiles trabajan en la industria de la construcción, otros como consultores de ingeniería o arquitectura. El resto trabaja en servicios públicos, ferrocarriles, instituciones de educación, siderúrgicas y otras industrias manufactureras.

Se espera que el empleo de ingenieros civiles continúe aumentando; sin embargo, no se cree que este aumento ocurra en la misma proporción de otros campos de la ingeniería relativamente nuevos. Los problemas de aumento de población, necesidades de vivienda, desarrollo urbano y contaminación del agua producirán mayor demanda de ingenieros civiles.

1-10 INGENIERIA ELECTRICA

La ingeniería eléctrica estudia la utilización y distribución de energía eléctrica para el mejoramiento de las labores industriales y domésticas. Las principales ramas de la ingeniería eléctrica son: 1) potencia y 2) electrónica. La potencia se refiere al control de las grandes cantidades de energía utilizadas por las ciudades y las grandes industrias, mientras que la electrónica trata con pequeñas cantidades de potencia utilizadas en comunicaciones y operaciones automáticas que constituyen parte integral de nuestra vida cotidiana.

Estas dos áreas de la ingeniería eléctrica se subdividen en muchas especialidades. A continuación se describen algunas de ellas.

La **generación de potencia** presenta numerosos problemas de ingeniería eléctrica, desde el estudio del equipo de transmisión hasta el diseño de los generadores que producen la electricidad. Los métodos modernos de transmisión y generación de potencia han convertido la electricidad en la fuente más económica de ingeniería industrial.

Las **aplicaciones de potencia** son numerosas en un hogar típico, en donde las tostadoras, lavadoras, secadoras, aspiradoras y luces son de uso constante. Solamente una cuarta parte del consumo total de energía se utiliza en los hogares; la industria utiliza aproximadamente la mitad de la energía total para metalurgia, calefacción, motores, soldadura, controles de maquinaria, procesos químicos, galvanoplastia y electrólisis.

La **industria del transporte** requiere ingenieros eléctricos para el desarrollo de los sistemas eléctricos de automóviles, aviones y otros medios de transporte. Estos sistemas se utilizan para arranque, encendido, iluminación e instrumentación. Algunos barcos y locomotoras poseen generadores propios que producen la energía eléctrica que mueve ruedas motrices o hélices. Los sofisticados sistemas de señales necesarios para todas las formas de transporte necesitan ingenieros electricistas.

La **iluminación** es una necesidad en todas las actividades humanas. El mejoramiento de los sistemas de iluminación y la economía de energía en esta actividad son áreas interesantes de estudio para el ingeniero electricista.

La **electrónica industrial** ha hecho posible la realización de operaciones de manufactura con mayor exactitud y menor esfuerzo que cuando las realizaba un operario. Las operacio-



Fig. 1-39. El ingeniero electricista contribuye al desarrollo nacional con el diseño y la ejecución de redes de distribución eléctrica tanto urbanas como rurales. (Cortesía de CAR, Bogotá, Colombia.)

nes automatizadas han reducido el trabajo tedioso del operario que solía cometer mayores errores a mayor costo (fig. 1-40). Esta área está íntimamente relacionada con la de instrumentación y comunicaciones.

El campo de **comunicaciones** está dedicado a la utilización de los sistemas de radio, teléfono, telégrafo y televisión, que son centro nervioso de la mayoría de las operaciones industriales. Las comunicaciones son vitales en el despacho de taxis, control de barcos y aviones y en muchas otras actividades personales e industriales.

La **instrumentación** es el estudio de los sistemas de instrumentos electrónicos utilizados en control de precisión de procesos industriales. El tubo de rayos catódicos y el amplificador electrónico han encontrado vasta utilización en aplicaciones industriales y reactores atómicos. La instrumentación encuentra cada día más aplicaciones en el diagnóstico y la terapia médicas.

La **electrónica militar** se utiliza prácticamente en todos los sistemas tácticos y bélicos, desde el «walkie-talkie» hasta los sistemas de radar para detectar aviones enemigos. Los sistemas electrónicos de control remoto encuentran aplicación en navegación e intercepción de proyectiles teledirigidos. Se espera que continúen apareciendo muchas aplicaciones militares de la ingeniería eléctrica (fig. 1-41).

Los ingenieros electricistas trabajan principalmente con fabricantes de equipo electrónico y eléctrico, aparatos de aviación, máquinas de oficina y equipo profesional industrial. El crecimiento de este campo en el futuro depen-

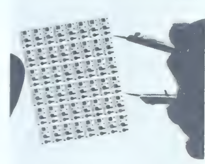




Fig. 1-40. Los ingenieros electricistas han ingeniado componentes cada vez más pequeños, livianos y eficientes. Los componentes miniaturizados, los circuitos impresos y las técnicas avanzadas de encapsulado se complementan para reducir circuitos completos a fracciones de su tamaño anterior. (Cortesía de General Dynamics.)

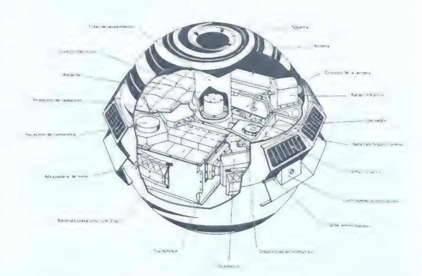


Fig. 1-41. Los ingenieros electricistas tienen gran campo de acción en el programa espacial, como lo demuestra el desarrollo del satélite de observación Transit I-B. La mayoría de sus sistemas de comunicación y operacionales son obra de ingenieros electricistas. (Cortesía de U. S. Coast and Geodetic Survey.)

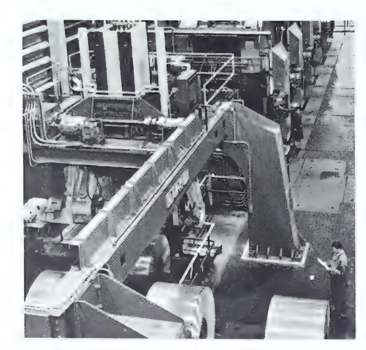


Fig. 1-42. Los ingenieros industriales planean y diseñan complejos industriales de producción eficiente. Esta planta produce lámina de aluminio para recipientes rígidos y otras aplicaciones. (Cortesía de ALCOA.)



Fig. 1-43. El ingeniero industrial aplica su capacidad a problemas industriales para aumentar la eficiencia con un mejor análisis de operación. (Cortesía de I.B.M.)

derá de la creciente necesidad de equipo eléctrico para sistemas automáticos y de computadora.

1-11 INGENIERIA INDUSTRIAL

De acuerdo con la organización norteamericana The National Professional Society of Industrial Engineers:

La Ingeniería Industrial se refiere al diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados de personas, materiales y equipo. Se basa en conocimientos y habilidades especializadas en las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos del análisis y diseño de ingeniería para especificar, predecir y evaluar los resultados producidos por estos sistemas.

La ingeniería industrial contempla todas las áreas de la ingeniería y el comercio. Difiere de las demás áreas de ingeniería en que estudia más de cerca la gente, su comportamiento y sus condiciones de trabajo (fig. 1-42). En consecuencia, el ingeniero industrial se convierte, a menudo, en el administrador interesado en hombres, máquinas, materiales, métodos, gastos y mercados.

Al ingeniero industrial le puede corresponder la responsabilidad de planear la planta, desarrollar un proceso o determinar las normas de operación que aumenten la eficiencia de la operación de la planta. Es responsable del control de calidad y del análisis de costos, dos operaciones esenciales en una industria manufacturera productiva.

Algunas de las áreas específicas de la ingeniería industrial son: administración, diseño e ingeniería de planta, procesamiento electrónico de datos, análisis y diseño de sistemas, control de producción y control de calidad, normas y medidas de operación, e investigación. Para su trabajo en estas áreas, el ingeniero industrial debe operar como un miembro de un equipo de ingenieros de todas las ramas de la profesión. Debe tener una visión global de las operaciones de la industria y de los factores que afectan su eficiencia sin preocuparse demasiado por áreas aisladas dentro de la estructura total (fig. 1-43).

En el área de personal se incluyen el desarrollo de sistemas de incentivo salarial, la evaluación del trabajo y el diseño de facilidades ambientales. El ingeniero industrial con frecuencia se ve comprometido en convenios laborales que afectan la operación y producción de una industria. Diseña y supervisa sistemas para incrementar la seguridad y la producción de las fuerzas de trabajo empleadas en la industria.

La mayoría de los ingenieros industriales trabaja en industria de manufactura. Otros trabajan en compañías de seguros, firmas de construcción y minería, servicios públicos, grandes firmas comerciales y agencias gubernamentales. El continuo crecimiento y comple-

jidad de las operaciones industriales y la expansión de los procesos automatizados contribuirán al aumento de la demanda de ingenieros industriales.

1-12 INGENIERIA MECANICA

Los ingenieros mecánicos están dedicados a la producción, transmisión y utilización de potencia por medio de una gran variedad de actividades. Las principales áreas de especialización del ingeniero mecánico son generación de potencia, transportes, aeronáutica, embarcaciones, manufactura, servicios, energía atómica. A continuación se detallan un poco más estas actividades.

La **generación de potencia** requiere el desarrollo de los motores primarios que accionen generadores para la producción de energía eléctrica. Los ingenieros mecánicos diseñarán y supervisarán la operación de máquinas de vapor, turbinas, máquinas de combustión interna y otros motores esenciales en la generación de potencia (fig. 1-44). El almacenamiento y la conducción de combustible utilizado en estos sistemas constituyen también un problema de ingeniería mecánica.

Los **mecanismos transportadores** son diseñados y manufacturados por ingenieros mecánicos. Es tarea de ingeniería mecánica el diseño y producción de automóviles, camiones, buses, locomotoras, embarcaciones y aviones. El ingeniero mecánico diseña los sistemas de potencia de vehículos de transporte, así como también su estructura y sistema de combustible.

La **aeronáutica** es el campo especializado del ingeniero mecánico dedicado a la producción de los motores que impulsan los vehículos aéreos. También resuelve problemas de controles y acondicionamiento ambiental de la nave. La fabricación de aviones y afines requiere una estrecha coordinación entre el ingeniero mecánico y el aeroespacial

Las **embarcaciones** son propulsadas por máquinas de vapor, diesel o de gas, diseñadas por el ingeniero mecánico. Es también su responsabilidad el mantenimiento de ciertos servicios en la embarcación, como luz, agua, refrigeración y ventilación.

La **manufactura** es el campo importante que enfrenta al ingeniero mecánico con el diseño de nuevos productos y de nuevas fábricas para producirlos. Su labor se complementa con la del ingeniero industrial en la programación de una gran variedad de máquinas. La economía en la manufactura y la obtención de productos de calidad uniforme son funciones primordiales en esta área de la ingeniería mecánica (fig. 1-45).

La **utilización de potencia** en la ingeniería mecánica incluye movimiento de líquidos y gases a través de tuberías, sistemas de refrigeración, ascensores y escaleras eléctricas (fi-



Fig. 1-44. Estos motores perfectamente balanceados son esenciales para la operación silenciosa de submarinos, la producción de máquinas, herramientas de precisión, ascensores rápidos y equipos eficientes de aire acondicionado. Al ingeniero mecánico se le atribuye esta clase de avances. (Cortesía de General Dynamics.)





Fig. 1-45. El ingeniero mecánico diseña y modifica equipos de manufactura para obtener mejores rendimientos en instalaciones industriales.

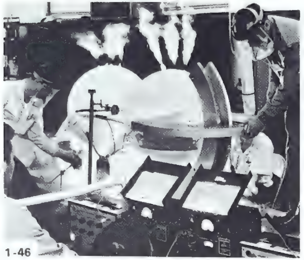

1-46

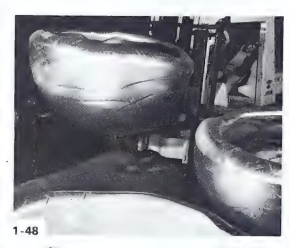
Fig. 1-46. La investigación en ingeniería mecánica comprende el estudio del movimiento de líquidos y gases a diferentes temperaturas. En esta figura se presenta un experimento criogénico que utiliza gases (como nitrógeno o helio) comprimidos.

Fig. 1-47. El ingeniero metalúrgico desarrolla nuevos materiales y métodos de producción. El alambre que se está enrollando en esta fotografía se utiliza en la vasta red de comunicaciones del proyecto Colorado River Storage. (Cortesía, con la figura anterior, de General Dynamics).

Fig. 1-48. Los ingenieros metalúrgicos diseñan procesos para la producción de piezas de formas y tamaños poco usuales. Estos hemisferios están entre los forjados estructurales de mayor tamaño realizados en aluminio. Se utilizan para experimentación submarina. (Cortesía de ALCOA.)

Fig. 1-49. Este metalógrafo muestra la estructura de una aleación que puede utilizarse en la construcción de una unidad de refinería. Así se elaboran materiales especiales para aplicaciones específicas. (Cortesía de Exxon Research and Engineering Company.)


1-47


1-48


1-49

gura 1-46). En la aplicación de los principios de la ingeniería mecánica, el ingeniero debe tener conocimientos de bombas, equipo de ventilación y compresores.

Los avances en **energía atómica** requieren ingenieros mecánicos para el desarrollo y manejo de materiales y equipo de protección. Los reactores nucleares, que proveen energía para diversas aplicaciones, se construyen en un esfuerzo conjunto en el cual el ingeniero mecánico juega un papel importante.

Un alto porcentaje de ingenieros mecánicos está vinculado a la industria de manufacturas. El resto trabaja con el gobierno, centros educativos y firmas consultoras. Se espera que el número de vacantes en ingeniería mecánica continúe creciendo cada año.

1-13 INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA

Con frecuencia, estas dos especialidades se ofrecen como una sola profesión, aunque sus funciones son diferentes. El ingeniero de minas responde por la extracción y preparación de minerales para su utilización en las industrias de manufactura (fig. 1-47). Colabora con los geólogos en la localización de los depósitos para su explotación por medio de la construcción de redes de túneles y operaciones bajo tierra; necesita, por tanto, amplios conocimientos de seguridad, ventilación, suministro de agua y comunicaciones.

Por otra parte, el ingeniero metalúrgico elabora los métodos de procesamiento y conversión de metales en productos útiles. Existen dos áreas importantes dentro de esta ingeniería: la metalurgia extractiva y la metalurgia física. La primera se refiere a la extracción de metales puros a partir de los minerales. La metalurgia física consiste en la elaboración de nuevos productos y aleaciones industriales (fig. 1-48).

Muchos ingenieros metalúrgicos trabajan en las siderúrgicas y las industrias de metales no ferrosos. Gran número de ingenieros meta-

lúrgicos trabaja en el desarrollo de la maquinaria para la producción de equipo eléctrico y de partes para aviación. El advenimiento de nuevos materiales, livianos y de alta resistencia, para usos espaciales, aviones a chorro, proyectiles y satélites, asegura nuevos empleos para los ingenieros metalúrgicos (fig. 1-49). También será necesaria su contribución en el desarrollo de métodos económicos de extracción de metales a partir de minerales de bajo contenido cuando se haya agotado el mineral de alta calidad.

Un gran número de los ingenieros de minas trabaja para las industrias mineras y petroleras. La aparición de nuevas aleaciones podría incrementar la necesidad de ingenieros de minas para la recuperación de minerales poco usados hasta ahora.

1-14 INGENIERIA NUCLEAR

Este campo de la ingeniería, relativamente nuevo, se estudiaba exclusivamente en programas de postgrado hasta hace pocos años. En la actualidad se ofrecen programas completos, pregrado y postgrado, que aseguran la continuidad de su estudio. Este campo de la ingeniería promete contribuir enormemente a nuestro futuro modo de vida.

Aunque los primeros trabajos en el campo nuclear tuvieron aplicaciones bélicas, la utilización de energía nuclear para usos domésticos se está desarrollando en varias áreas (figura 1-50). La medicina y otros campos, tales como la propulsión atómica, muestran aplicaciones modernas de la energía nuclear.

Aunque hay programas de pregrado que conducen a un título equivalente, se recomiendan los estudios de postgrado en esta ingeniería para obtener la especialización adicional que requiere este campo. Las aplicaciones pacíficas se pueden situar en dos grandes áreas: radiación y reactores nucleares de potencia. La radiación se refiere a la propagación de energía a través de materia o espacio en forma ondulatoria. En física atómica este término comprende partículas aceleradas (rayos alfa y beta, neutrones libres, etc.), rayos gamma y rayos X. De particular interés en física atómica es la radiación electromagnética, en la cual la energía se propaga en paquetes llamados fotones. La ciencia nuclear está íntimamente

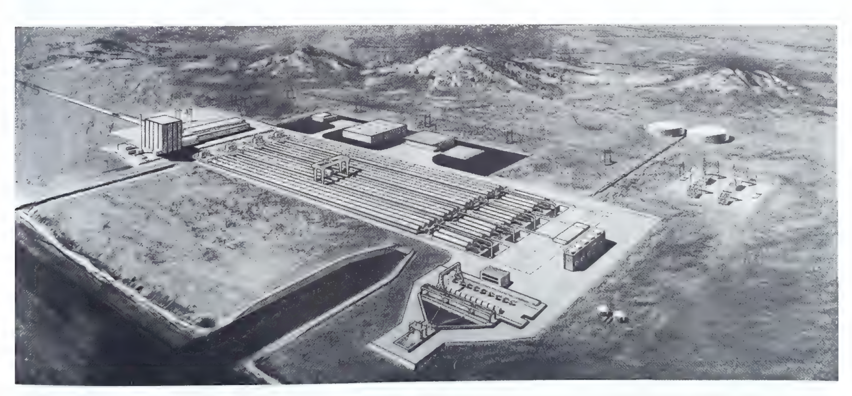


Fig. 1-50. El ingeniero nuclear trata de canalizar la energía atómica hacia nuevas aplicaciones para uso doméstico. Esta planta nuclear de desalinización tiene una doble finalidad, producir 380.000 metros cúbicos de agua dulce y 200.000 KW de potencia disponible. (Cortesía de Kaiser Engineers.)

asociada con la botánica, la química, la medicina y la biología (fig. 1-51).

La producción de potencia nuclear convertida a potencia mecánica o eléctrica ha llegado a ser una de las áreas de mayor importancia en la utilización pacífica de la energía nuclear; en ella trabajan los ingenieros nucleares en colaboración con muchos otros campos de la ingeniería. En la producción de energía eléctrica se utiliza la energía nuclear como el combustible para la producción del vapor que mueve la turbina generadora convencional. La energía nuclear se libera mediante ciertas reacciones en el núcleo atómico, tales como fisión, captura de neutrones, decremento radioactivo, o por fusión, la cual se limita a cambios en la estructura electrónica que rodea al núcleo. El proceso de fisión se inicia, mantiene y controla en un aparato llamado reactor nuclear (fig. 1-52). Con esta fuente de energía se espera reducir el consumo de los cada día más escasos recursos de carbón, petróleo y gas, actualmente utilizados en grandes cantidades en la producción de potencia. Como es tan reciente, la ingeniería nuclear es un campo con muchas fronteras aún inexploradas. Gran parte de los estudios se dedican al diseño, construcción y operación de reactores nucleares. Otras áreas incluyen el procesamiento de combustibles nucleares, la ingeniería termonuclear y la utilización de varios subproductos nucleares.



Fig. 1-51. En un experimento de fusión dirigido a controlar la energía termonuclear se aprisiona plasma por medio de campos magnéticos. (Cortesía de General Dynamics.)

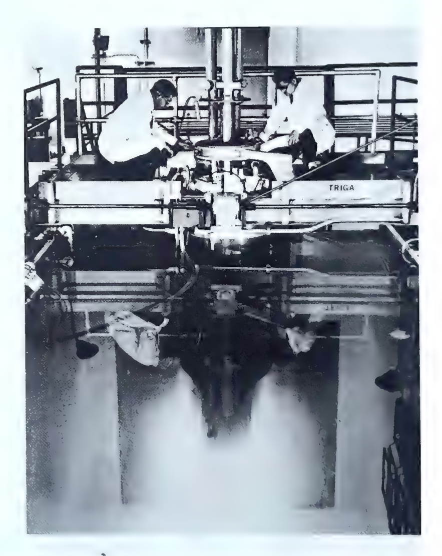


Fig. 1-52. La fotografía muestra un reactor pulsante en el que el ingeniero nuclear observa el efecto de altos niveles de radiación sobre un equipo delicado. (Cortesía de General Dynamics.)

1-15 INGENIERIA DE PETROLEOS

La ingeniería de petróleos consiste en la aplicación de la ingeniería al desarrollo y utilización de los recursos petroleros. El ingeniero de petróleos se preocupa esencialmente por la obtención de petróleo y gases; sin embargo, también debe idear métodos de transporte y separación de los diversos productos. Es responsable del mejoramiento del equipo de perforación y la economía de operación, especialmente cuando se trabaja a grandes profundidades, a veces hasta de cinco kilómetros (figura 1-53).

Debido al aumento del consumo, la conservación de los depósitos petrolíferos es de ma-

yor importancia cada día. El investigador en ingeniería de petróleos estudia nuevos usos del petróleo y sus derivados. Los nuevos procesos desarrollados en los últimos años permiten la obtención de cantidades importantes del petróleo en yacimientos de bajo rendimiento, previamente abandonados.

El aspecto de producción de la ingeniería de petróleos requiere la cooperación de casi todas las ramas de la ingeniería, debido a la gran variedad de conocimientos y habilidades que exige. Muchas de las industrias nuevas han tenido su origen en los nuevos productos del petróleo que han sido desarrollados por medio de recientes métodos de producción e investigación (fig. 1-54).

El ingeniero de petróleos recibe asistencia del geólogo en las etapas exploratorias en busca de yacimientos. Los geólogos utilizan dispositivos avanzados tales como el magnetómetro aéreo, que describe las capas subterráneas indicando la localización de fallas que puedan contener petróleo o gas natural. Si estos hallazgos resultan favorables se miden las profundidades de las diversas capas geológicas por medio de un estudio sismográfico. Sin embargo, el único medio seguro de determinar la existencia de petróleo o gas consiste en perforar un pozo después de estas exploraciones preliminares. Un pozo típico de petróleo cuesta entre 50.000 y 80.000 dólares.

El ingeniero de petróleos supervisa la perforación de los pozos y también ensambla el equipo de perforación junto con ingenieros de otras especialidades para ofrecer así el método de extracción más eficiente. Una vez encontrado el petróleo, el ingeniero debe diseñar la tubería de extracción y transporte hasta la primera etapa de procesamiento. El procesamiento en sí es un proyecto conjunto de ingenieros químicos y de petróleos (fig. 1-55).

El futuro de la ingeniería de petróleos es muy prometedor, debido a la vasta exploración que se lleva a cabo en muchos países en donde la producción de petróleo y gas es relativamente nueva. Los ingenieros de petróleos tendrán que estudiar nuevas fuentes cuando se agoten los yacimientos existentes.



Fig. 1-53. El ingeniero de petróleos se encarga de desarrollar y mejorar métodos de extracción de petróleo. En la fotografía, un investigador busca métodos de perforación más eficientes por medio del estudio de mecanismos de rotura en las rocas. El peso de las formaciones superiores se simula con presión hidráulica.

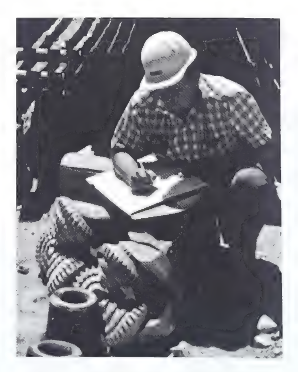


Fig. 1-54. Este ingeniero de petróleos observa los trépanos desgastados después de la perforación de duras formaciones rocosas. (Cortesía, con la figura anterior, de Humble Oil and Refining Company.)



Fig. 1-55. Estos técnicos están haciendo un estudio cartográfico. Uno de ellos apunta en un cuaderno los datos obtenidos del telurómetro por el otro. (Cortesía del U. S. Forest Service.)

1-16 EL TECNICO

El técnico ha logrado su identificación especial dentro del equipo de ingeniería. A medida que la tecnología se ha ido expandiendo, incluyendo más disciplinas, materiales y sistemas, ha resultado poco práctico que un individuo entienda y realice todas las etapas necesarias en la ejecución del diseño. Entonces, la existencia de especialistas entrenados en áreas específicas de la tecnología ha dado como resultado la utilización más eficiente de los recursos humanos.

La expansión del campo de la ingeniería ocasionada por el advenimiento de nuevas teorías y el desarrollo de sistemas adicionales ha producido un vacío considerable entre el ingeniero y el experto que fabrica sus diseños. Este vacío lo llena el técnico, quien posee conocimientos en fundamentos de ingeniería y producción. De esta manera, el técnico sirve de enlace entre la ingeniería y la producción (fig. 1-56).

Los técnicos asisten al ingeniero en una amplia gama de trabajos que pueden ir desde informes técnicos hasta problemas de mantenimiento. De lo contrario, los ingenieros deberían realizar gran parte de este trabajo. Su asistencia en el relevo del ingeniero de estas tareas necesarias ha permitido al ingeniero mejorar la capacidad de su talento en la expansión del campo de la ingeniería. Las actividades específicas realizadas por el técnico son determinadas por su campo industrial. Existen oportunidades para el técnico en todos los campos de la ingeniería (fig. 1-57).

Los técnicos pueden responsabilizarse de experimentos de laboratorio, operación de instrumentos, cálculos, construcción de modelos experimentales y preparación de planos y especificaciones bajo la supervisión de un ingeniero (fig. 1-58). Su trabajo generalmente se conforma al procedimiento prescrito por un ingeniero, pero con un grado mínimo de supervisión. Algunas áreas tecnológicas definidas son: tecnología aeronáutica, tecnología química, tecnología electrónica y tecnología de ingeniería civil.

El entrenamiento de un técnico consta, generalmente, de un mínimo de dos años de instrucción especializada en un instituto técnico o en una facultad de nivel medio. La tendencia actual sugiere un programa de cuatro años con el fin de obtener mayor preparación en las áreas tecnológicas. La instrucción incluye técnicas de laboratorio, ciencias, matemáticas e ingeniería aplicada a problemas prácticos.



Fig. 1-56. Los técnicos son miembros importantes del equipo de ingeniería y su ayuda es esencial para el ingeniero. Este técnico opera la consola de una grabadora para convertir registros sísmicos grabados en registros visuales. (Cortesía de Humble Oil and Refining Company.)



Fig. 1-57. El técnico puede estar encargado de la comprobación de la calidad del producto durante su procesamiento. En la figura, el operador inspecciona muestras de polipropileno producido en una refinería. (Cortesía de Humble Oil and Refining Company.)



Fig. 1-58. En física nuclear el técnico puede colaborar a la vez con ingenieros y científicos. Este equipo trabaja en un acelerador de partículas de Van de Graaff. (Cortesía de Los Alamos Scientific Laboratory.)

También se recomienda algún entrenamiento industrial para dar al técnico mayores conocimientos en sus labores específicas.

El campo tecnológico es uno de los grupos laborales de crecimiento más rápido en esta década y se espera que continúe aumentando de acuerdo con la expansión de la industria.

1-17 EL DIBUJANTE

Según la definición antigua, el dibujante era el empleado responsable del trazado o copia de los bosquejos del ingeniero en una forma aceptable para la realización del diseño. Esta definición es obsoleta, puesto que la industria ha mejorado los métodos de reproducción al punto de eliminar casi totalmente la necesidad del *dibujante copista*. Los ingenieros ahora no tienen tiempo para los desarrollos rutinarios de los dibujos a partir de los cuales el dibujante podría hacer los trazados. En consecuencia, la posición del dibujante en la actualidad requiere mayor responsabilidad y generalmente se le denomina *detallista o dibujante de detalles*. El detallista es un experto en la producción de los planos de trabajo que se utilizarán



Fig. 1-59. Estos técnicos preparan el prototipo de un domo de plexiglás acrílico para estudio detallado de esfuerzos. Estos domos se utilizaron en el pabellón de los EE. UU. en Expo 67. (Cortesía de Rohm and Haas Company.)

en producción. Puede tomar decisiones elementales, pero, en general, recibe instrucciones explícitas de un ingeniero o técnico. Debe dominar las técnicas de acotamiento y los fundamentos de presentación de diseños.

El *dibujante proyectista* es un técnico que transforma bosquejos, modelos o instrucciones verbales en dibujos que serán complementados por el detallista. Este técnico requiere un entrenamiento de dos años en una escuela técnica y sus conocimientos deben comprender: tolerancias, álgebra, geometría y trigonometría. Sería conveniente que tuviera experiencia previa como detallista para así poder integrarse mejor en el equipo de ingeniería.

El *dibujante jefe* a menudo recibe tareas como diseñador y como tal contribuye al desarrollo del producto final en vez de limitarse a expresar una idea en forma gráfica. Su experiencia debe combinar los conocimientos del detallista y del técnico.

El dibujo es una actividad semiprofesional, íntimamente relacionada con la conceptualización de un diseño (fig. 1-60). El ingeniero debe contar con el concurso del dibujante jefe para la revisión de los bosquejos preliminares de un diseño. El dibujante jefe trabaja con el dibujante de planos en la elaboración de un esquema general de los detalles gráficos del diseño que deberá ser revisado o modificado por el ingeniero. Esta coordinación debe continuar hasta que ciertos componentes estén suficientemente perfeccionados para que el detallista prepare el dibujo detallado. Los planos completos deben ser cuidadosamente revisados por todos los miembros del equipo desde el detallista hasta el ingeniero. El ingeniero es el responsable final de la exactitud y corrección de los planos; por tanto, debe dominar completamente los problemas específicos en el dibujo de un proyecto.

La mayoría de los dibujantes y diseñadores trabajan en la industria. Se espera que la demanda de dibujantes aumente de acuerdo con la expansión de la tecnología. Varios son los cambios tecnológicos y simplificaciones que se prevén en la profesión de dibujante a partir de 1975. Para entonces se espera que los sistemas de dibujo por computadora estén



Fig. 1-60. Más de 1.200 dibujantes trabajan en el diseño de partes para la Chrysler Corporation. Las copias del trabajo de estos dibujantes en un año cubrirían un área aproximada de 300 hectáreas. (Cortesía de Chrysler Corporation.)

operando en las grandes industrias. De esta manera, la operación de una consola por un dibujante puede reducir el personal de la sección de dibujo. Sin embargo, esto no resta importancia a los conocimientos de dibujo y principios gráficos por parte del ingeniero o dibujante; simplemente ofrece un medio diferente de expresión. Puede ser que la demanda de detallistas disminuya en los próximos veinte años, pero no la del dibujante diseñador encargado de la elaboración del producto o diseño. Las áreas de dibujo menos afectadas serán las de dibujo multidimensional y diseño mecánico.

1-18 RESUMEN

Este capítulo ha pretendido relacionar el campo de gráficos y diseño de ingeniería al área total de ingeniería. Los gráficos de ingeniería son de vital importancia para el ingeniero, técnico, experto, diseñador, estilista y dibujante. Este es el medio a través del cual se elabora una idea desde el concepto inicial hasta la producción final. La producción sería imposible sin el empleo de los gráficos de ingeniería como lenguaje y herramienta del diseñador de ingeniería.

El proceso de diseño, tal como se estudió en este capítulo, será utilizado como tema central para la presentación de los principios gráficos en los capítulos siguientes. Se expondrán muchos ejemplos industriales para la apli-

cación respectiva de los principios de la ingeniería. Cada principio de la teoría gráfica se presenta en forma simplificada con el fin de establecer los fundamentos y cada uno se refiere a aplicaciones prácticas ilustradas por proyectos y productos de ingeniería. Se presenta un gran número de problemas en etapas sucesivas, utilizando un color diferente para aclarar los problemas complicados.

Los gráficos de ingeniería y geometría descriptiva son herramientas vitales para el ingeniero que debe trabajar con máxima eficiencia. Con este propósito, el dibujo se presenta en este texto asociado con el proceso de diseño tal como lo trata el ingeniero en el desarrollo de la solución de un diseño. Esencialmente todos los diseños se dibujan utilizando las relaciones espaciales de consideración en el tratamiento de la solución. Este libro contiene, además, ejemplos de soluciones gráficas a problemas de diseño de ingeniería.

1-19 SOLUCION DE LOS PROBLEMAS

Los problemas al final de cada capítulo tienen el propósito de ofrecer al estudiante una oportunidad para comprobar la comprensión de los principios estudiados en el texto. La mayoría de los problemas se refieren más a la comprensión de conceptos teóricos que a aplicaciones específicas. La comprensión de conceptos teóricos capacita al estudiante para resolver problemas completos referentes a aplicaciones prácticas de la ingeniería, como los que se presentan en el capítulo 19.

La mayoría de los problemas deben resolverse en papel de tamaño 28 × 21 cm, bien sea empleando instrumentos de dibujo o a

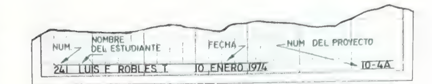


Fig. 1-61.

mano alzada, según se especifique. Las hojas de papel pueden ser cuadriculadas de 5 mm o blancas, utilizando en los dibujos una escala para arquitecto. La cuadrícula del papel en sí puede utilizarse para escalizar los problemas según se indique en cada capítulo. Cada hoja de solución debe ser marcada como se indica en la figura 1-61. Este título debe incluir el número y nombre del estudiante, la fecha y el número del problema. Deben dibujarse líneas de guía, para ayudar en la caligrafía, utilizando letra de 3 mm. Todos los puntos, líneas y planos deben indicarse utilizando letra de 3 milímetros y guías en todos los casos. Los planos de referencia deben marcarse en forma apropiada cuando sea necesario. La mayoría de los problemas tiene un mínimo de caligrafía y anotaciones, lo que obliga al estudiante a complementar el problema con las anotaciones necesarias, según las intrucciones dadas en cada capítulo.

Los problemas tipo informe, como los de este capítulo, deben presentarse utilizando caligrafía técnica, como la que se enseña en el capítulo 5. Deben utilizarse las guías para asegurar alineamiento y uniformidad. Cada página debe estar numerada y cosida en la esquina superior izquierda. Se sugiere que todos los problemas resueltos se archiven en un cuaderno utilizable como referencia a través del curso o en otros cursos.

PROBLEMAS

1. Suponga que a usted le ha sido encargado el diseño de un gato para automóviles mejor que los modelos actuales. Siga los seis pasos del proceso de diseño mencionados en la sección 1-3 y haga un informe breve de lo que usted haría para aplicar estos pasos en la solución del problema. Escriba los pasos sucesivos y los métodos que utilizaría para resolver cada paso. Enumere las asignaturas que utilizaría en cada paso e indique los problemas más difíciles que puede preveer en cada paso. Sea breve y conciso. Escriba a mano.

2. Como un problema de introducción a las etapas del proceso de diseño, diseñe un tope para prevenir que una puerta golpee la pared.

El tope puede ir asegurado al suelo o a la puerta y debe ser lo más sencillo posible. Elabore esquemas con las anotaciones necesarias que muestren que usted ha seguido las seis etapas del diseño, especificando cada etapa. El trabajo debe ser rápido y a mano alzada. No le dedique más de treinta minutos al problema. Indique cualquier información que considere necesaria en la solución final y que no tenga ahora a su disposicióm.

3. Enumere las áreas de consideración durante la fase de identificación en el diseño de los siguientes productos: una sartén para uso doméstico, un seguro para bicicleta, la manija de una maleta, una fuga de prisión, un juguete, una silla de estudio, una lámpara de escritorio, un paraguas mejorado, un puesto de venta de hamburguesas.

4. Elabore una serie de bosquejos que ilustren sus ideas preliminares en la solución de los siguientes problemas: un dispensador funcional de jabón en polvo para las manos, un protector para la rodilla lesionada de un jugador de fútbol, un método para colocar en el armazón la barra transversal utilizada en el salto con garrocha, una silla portátil para largas esperas en fila, un método de protección de parabrisas de automóviles aparcados en tiempo invernal, un recipiente de basura a prueba de animales domésticos, un aparcadero de bicicleta, la manija de una puerta, una silla de bebé para utilizar en una bañera.

5. Haga una evaluación de los bosquejos del problema 4 e indique brevemente, en forma narrativa, la información que sería necesaria para perfeccionar su diseño. Utilice letra a mano alzada, procurando que su informe sea claro.

6. Existen muchos automóviles (marcas y tipos) disponibles en el comercio. Explique su decisión en la selección del más apropiado para las siguientes actividades: un paseo de turismo por las montañas, un viaje de cacería a un bosque durante varios días, un viaje a través del país, reparto de mercancía y un viaje de negocios al centro de la ciudad. Describa el tipo, modelo y cualidades del vehículo y las razones que lo inducen a esa decisión.

7. Escriba un informe en menos de 10 páginas a máquina que describa las labores específicas y las relaciones entre el científico, ingeniero, experto, diseñador y estilista del campo de la ingeniería que usted prefiera. Por ejemplo, explique estas relaciones para un equipo de ingeniería que se desempeña en un aspecto específico de la ingeniería civil. Su informe debe estar respaldado con información real obtenida en entrevistas, catálogos o en la biblioteca.

8. Escriba un informe que investigue las oportunidades de empleo, requisitos del trabajo, perspectivas profesionales y actividades del campo de la ingeniería o tecnología que usted haya escogido. Escriba este informe de acuerdo con las normas del capítulo 15. Ilustre el informe con gráficos y diagramas para facilitar la interpretación donde sea posible. Compare sus habilidades e intereses personales con aquellos requeridos en la profesión.

9. Concrete una entrevista personal con un ingeniero o técnico practicante en su campo de interés. Discuta con él las responsabilidades generales de su posición para, así, mejorar su conocimiento de este campo. Resuma la entrevista en un informe escrito.



2 EL PROCESO DE DISEÑO

2-1 INTRODUCCION

Los diversos campos de la ingeniería y la tecnología se definieron en el capítulo 1 como campos creativos responsables del desarrollo de nuevas aplicaciones de los principios científicos para satisfacer necesidades específicas. El conocimiento de los principios científicos y de la ingeniería tiene poco valor en el campo del diseño si estas disciplinas no pueden dirigirse hacia un fin tangible que solucione completamente las necesidades de una situación dada. Para que el ingeniero se realice en toda su extensión, debe ejercitar la imaginación al tiempo que su curiosidad y conocimientos.

Los gráficos de ingeniería y la geometría descriptiva, de la misma manera que otras asignaturas de ingeniería, proporcionan métodos para resolver problemas técnicos. Si esta área de estudio se aplica sin creatividad, el resultado será apenas un plano rutinario o la solución de un problema espacial que podría ser resuelto por una máquina. Análogamente, un problema matemático que se resuelve sin contemplar el significado o efecto del resultado es una actividad no creativa de naturaleza rutinaria. Sin embargo, cuando el ingeniero aplica las matemáticas en la solución de un problema de ingeniería, está siendo creativo. El ingeniero que está desarrollando la solución de un diseño debe confeccionar muchos bosquejos y dibujos para elaborar sus ideas preliminares antes de comunicarlas a sus colaboradores. Los gráficos utilizados en esta forma constituyen herramientas creativas.

Este capítulo definirá las etapas básicas del proceso de diseño sugeridas para la aplicación en problemas de ingeniería. Estas etapas presentan un plan de acción que ayuda a organizar los esfuerzos del diseñador. Los capítulos posteriores estudiarán cada una de estas etapas del diseño con más detalle.

2-2 CREATIVIDAD

La creatividad es tan importante para el ingeniero como para el artista, aunque se asocie más comúnmente con las artes que con la tecnología. La creatividad artística tiene menos restricciones que la tecnológica. El ingeniero o diseñador debe ser creativo dentro de ciertos límites impuestos por leyes físicas y científicas que no pueden violarse. Su diseño debe funcionar y proporcionar un servicio que valga la pena a un costo económico; por tanto, el ingeniero debe producir soluciones dentro de este marco restringido. En consecuencia, en muchos aspectos, debe ser más creativo que el artista, quien no tiene restricciones o resultados funcionales que producir.

En la tecnología, la creatividad también puede describirse como la relación de innovaciones con un problema aplicado. La solución de cualquier problema en forma diferente es

un acto de creatividad. Por supuesto que puede ser difícil saber con precisión en qué grado una solución es más creativa que la siguiente, a menos que un diseño sea enormemente superior a los otros. Si el criterio primordial es el económico, una máquina que produce la potencia adecuada al menor costo de operación es, obviamente, el diseño óptimo. El ingeniero puede también expresarse estéticamente por medio de sus diseños, aunque ellos pueden ser ciertamente funcionales sin elementos superfluos o artificios de ornamentación. Un puente bien diseñado tendrá tanta aceptación estética por parte de un artista como una obra de arte. Frecuentemente, un diseño funcional es a la vez el más atractivo. La mayoría de los utensilios electrodomésticos y productos modernos constituyen ejemplos de apariencia atractiva más por la presentación simplificada de sus sistemas funcionales que por el intento de forzar la funcionabilidad del diseño dentro de una forma preconcebida.

Todo el mundo posee cierto grado de creatividad. Algunos afirman que la creatividad no puede enseñarse, pero los estudios indican que esta habilidad puede desarrollarse de la misma manera que la mayoría de las aptitudes y cualidades personales. Todo individuo debe tratar de desarrollar su capacidad creativa para lograr satisfacción personal y contribuir a la expansión de la tecnología.

2-3 CLASES DE PROBLEMAS DE DISEÑO

Los problemas de diseño son múltiples y toman muchas formas; sin embargo, la mayoría puede clasificarse en dos categorías: *diseño de sistemas* y *diseño de productos*. A lo largo de este libro, se tratarán como tipos de problemas básicos de diseño. A veces resulta difícil separar claramente estos dos tipos de problemas, debido a que ciertas características son parcialmente iguales. Las siguientes descripciones definen el diseño de sistemas y el de productos en general.

2-4 DISEÑO DE SISTEMAS

Un problema de sistemas es aquel que comprende la interacción de componentes y principios interrelacionados que conforman un conjunto que funciona como una unidad. Un edificio residencial es un sistema complejo compuesto de sistemas y productos. Por ejemplo, una residencia típica tiene un sistema de calefacción y aire acondicionado, un sistema de servicios, un sistema de tubería, un sistema de gas, un sistema eléctrico y muchos otros que forman el sistema compuesto total (figura 2-1). Estos sistemas componentes también se denominan sistemas por estar compuestos de muchas partes individuales que pueden utilizarse para otras aplicaciones. El sistema eléctrico comprende conductores, aislamiento, artefactos electrodomésticos, bombillas, contadores, controles, interruptores y otros (fig. 2-2). Cada una de estas partes puede utilizarse en otros sistemas en un gran número de combinaciones. Sin embargo, el arreglo específico utili-

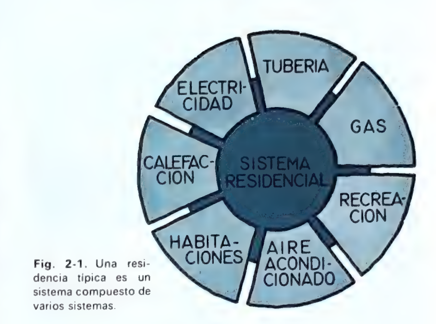


Fig. 2-1. Una residencia típica es un sistema compuesto de varios sistemas.

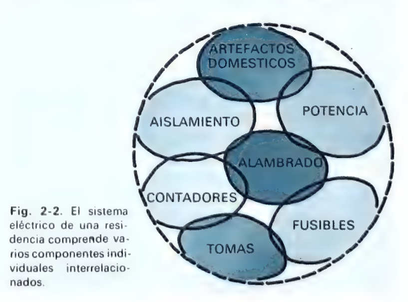


Fig. 2-2. El sistema eléctrico de una residencia comprende varios componentes individuales interrelacionados.

zado en una residencia es singular para esa aplicación y no es adaptable en todos sus aspectos a aplicaciones no residenciales.

Varios sistemas, como los citados antes, pueden acoplarse en un sistema más complejo que comprenda más factores que los sistemas tecnológicos simples. Un proyecto de ingeniería que requiera la elaboración de un sistema de tráfico para una necesidad específica requiere de la interacción de otras disciplinas (fig. 2-3). La función técnica será el área primordial que sustente el proyecto; sin embargo, el proyecto también comprende problemas legales, principios económicos, datos históricos, factores humanos, consideraciones sociales, principios científicos y limitaciones políticas. El ingeniero puede, por supuesto, diseñar



Fig. 2-3. Un sistema de ingeniería puede comprender la interacción compleja de muchas profesiones, en la cual el problema de ingeniería recibe énfasis primordial. Un ejemplo de un sistema de esta índole es el problema del tráfico.

la superficie carreteable adecuada, el sistema de drenaje, los pasos elevados y los demás componentes del sistema de tránsito mediante la aplicación de los principios de ingeniería, sin tener en cuenta las demás áreas y las limitaciones que ellas imponen. Sin embargo, siempre existen limitaciones que hacen irreal esta situación. El ingeniero debe restringirse a un presupuesto específico en casi todos sus proyectos y este presupuesto tiene estrecha relación con problemas legales o políticos. Las reglas de tráfico, las delimitaciones de zona, el derecho de paso y los seguros de accidente son otras áreas legales que deben tenerse en cuenta.

El planeamiento para el futuro se basa en necesidades y tendencias pasadas, que suministran datos históricos como consideraciones de diseño. Los factores humanos comprenden características del conductor, medidas de seguridad y otros factores que pueden afectar el funcionamiento del sistema de tráfico. Algunos problemas sociales están asociados con sistemas de tráfico. Las autopistas de tráfico intenso atraen establecimientos comerciales y estaciones de servicio que afectan los terrenos adyacentes. La apariencia de un sector urbano puede cambiar completamente de residencial a comercial en poco tiempo. Los principios científicos obtenidos mediante experiencias de laboratorio se pueden aplicar en la construcción de mejores carreteras, puentes económicos y sistemas funcionales. Las presiones de ciertos grupos interesados pueden chocar con los intereses de otros grupos y así restringen la libre intervención del ingeniero. El futuro del proyecto puede depender de un balance de las diferentes ideas que conformen una solución aceptable y apropiada para los requisitos del problema.

El ingeniero debe poseer conocimientos en todas estas áreas, además de su entrenamiento tradicional en ingeniería. La necesidad de una más amplia gama de conocimientos en los ingenieros, ha fomentado la inclusión de un mayor número de cursos en artes y humanidades en los programas de ingeniería, porque así se capacita al ingeniero para dominar su profesión sin desvincularla de las otras profesiones.

Ejemplo de un problema de sistemas. El siguiente problema se da como un ejemplo del diseño de un sistema simple que puede utilizarse para ilustrar las diversas etapas del proceso de diseño. Este problema en particular requiere un mínimo de principios teóricos de ingeniería.

Seleccione un edificio de su universidad que necesite un estacionamiento de acuerdo con la gente que lo ocupe. Puede ser un edificio residencia para estudiantes, adminis-

trativo o uno de aulas. Diseñe la combinación adecuada de los sistemas de tráfico y estacionamiento para los requisitos de ese edificio. La solución de este problema debe considerar los reglamentos, limitaciones y normas de su universidad para que sea realista.

2-5 DISEÑO DE PRODUCTOS

El diseño de productos se refiere al diseño, prueba, manufactura y venta de un elemento que realiza una función específica. Tal producto puede ser un electrodoméstico, una herramienta, un componente de un sistema, un juguete o un elemento semejante que pueda comprarse como una unidad comercial. En razón de su función limitada, la elaboración de un producto es considerablemente más específica que el diseño de un sistema. Una cafetera, por ejemplo, tiene su aplicación limitada a la preparación de café.

La diferencia entre un sistema y un producto no siempre se presenta en forma clara. La función primordial de un sistema automotriz es la de transportar. Sin embargo, el automóvil debe también proporcionar a sus pasajeros comunicaciones, iluminación, comodidad y seguridad, y esto lo clasifica como un sistema. A pesar de esto, el automóvil está clasificado como un proyecto, por ser producido en serie para un gran mercado de consumo. De otra parte, una refinería de petróleo es definitivamente un sistema compuesto de muchos elementos y funciones interrelacionadas. Todas las refinerías tienen ciertos procesos en común, pero no pueden considerarse idénticas en todos sus aspectos. Por tanto, las refinerías no pueden comprarse como unidades o productos, sino que deben construirse de materias primas y de componentes diseñados específicamente. Análogamente, el acueducto de una comunidad debe diseñarse como un sistema que utilice muchos de los elementos y recursos existentes; estas variables diferencian cada sistema y hacen inconveniente su producción en serie como productos.

En este libro definimos un producto como el elemento producido en serie para un mercado más o menos general, para solucionar una necesidad específica y que puede utilizarse independientemente para cumplir su función (fig. 2-4). Según esta definición, un automóvil, un avión o un televisor disponibles en el comercio se consideran como productos. Los ejemplos mencionados en este volumen son bastante sencillos como para que estén al alcance del estudiante que empieza sus estudios de ingeniería o tecnología.

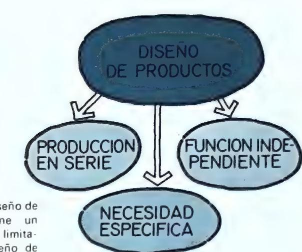


Fig. 2-4. El diseño de productos tiene un panorama más limitado que el diseño de sistemas.

El diseño de productos no está tan íntimamente ligado a las áreas profesionales, ilustradas en la fig. 2-3, como el diseño de sistemas. El diseño de productos depende más de las necesidades del mercado, costo de producción, función, ventas, método de distribución y predicción de utilidades (fig. 2-5). Aunque ésta es la inquietud inicial en la aproximación al diseño del producto, este concepto puede ampliarse hasta abarcar el sistema total que puede sufrir cambios de orden económico y social. Un ejemplo de transición ocasionada por un producto en un sistema es el automóvil, cuya función ha tenido un efecto importante en la vida corriente. Este producto se ha expandido hacia un sistema que incluye carreteras, estaciones de servicio, talleres de reparación, estacionamientos, auto-servicios, garajes, sistemas de tráfico y muchos otros componentes.

Ejemplo de un problema de diseño de productos. El siguiente es un ejemplo del tipo de problemas que se pueden asignar como proyecto de clase. Este problema presenta las condiciones típicas a partir de las cuales se elabora un nuevo producto para satisfacer una necesidad de cierto mercado.

Muchos cazadores, especialmente de venado, cazan desde los árboles para obtener cierta ventaja. El estar sentado en un árbol durante varias horas puede resultar incómodo y peligroso para el cazador; esto sugiere la necesidad de una silla de cacería que mejore esta situación. Diseñe una silla que acomode al cazador en forma segura mientras permanece en el árbol, sin olvidar los requisitos del costo y las limitaciones del cazador.

2-6 EL PROCESO DE DISEÑO

El proceso de diseño es una guía general de los pasos que pueden seguirse para dar al ingeniero cierto grado de dirección. Los diseñadores emplean un gran número de combinaciones de pasos y procedimientos de diseño, pero no se puede decir que haya una combinación óptima. Esto se debe a la complejidad del diseño y a las diversas maneras mediante las cuales los diseñadores pueden lograr éxito. El seguir las reglas estrictas del diseño no asegura el éxito del proyecto y aun puede inhibir al diseñador hasta el punto de restringir su libre imaginación. A pesar de esto, se cree que el proceso de diseño es un medio efectivo de proporcionar un método de diseño al principiante. Las etapas del proceso de diseño le darán una secuencia de rutinas que le familiarizan con las consideraciones de un problema de diseño. La comprensión de estas etapas le capacitan para organizar su propio método de diseño, utilizando una combinación o secuencia de etapas distinta de la que se presenta aquí.



Fig. 2-5. Las áreas asociadas con el diseño de productos se refieren a la fabricación y venta del producto final.

Las etapas del proceso de diseño son: (1) Identificación del problema; (2) Ideas preliminares; (3) Perfeccionamiento; (4) Análisis; (5) Decisión y (6) Realización. Estas etapas forman parte de cualquier proceso de diseño sin que importe la diversidad de tratamientos que se utilicen. Pueden aplicarse en la formulación de cualquier tipo de problemas que necesiten solución original, desde planear el programa para un fin de semana hasta el diseño de un electrodoméstico. En los siguientes artículos se amplían las definiciones de estas etapas y se ilustran sus aplicaciones en el desarrollo del problema complejo del viaje a la Luna.

2-7 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Todos los diseños se basan en necesidades existentes. Las armas se diseñan para ganar guerras; los abrelatas están destinados a abrir latas. Es importante en cualquier actividad constructiva dar una definición clara de los objetivos para así tener una meta hacia la cual dirigir todos los esfuerzos. Esto también es cierto e importante en el proceso de diseño. Para justificar su manufactura, el diseñador debe identificar la necesidad y la función que el producto debe ofrecer para satisfacer esa necesidad. La identificación de la necesidad de un diseño. se puede basar en datos de varios tipos: estadísticas, entrevistas, datos históricos, observaciones personales, datos experimentales o proyecciones de conceptos actuales.

A continuación, se ilustran estos métodos de identificación de problemas aplicados al problema de diseñar un sistema que lleve un hombre a la Luna. En un problema de tal complejidad solamente resulta posible discutir generalidades.

Misión a la Luna - Identificación del problema. El concepto del viaje a la Luna se basa en la identificación del *porqué* se debe

hacer el viaje y del *cómo* será posible. Los planificadores y diseñadores responsables del sistema deben desarrollar el equipo y los sistemas sofisticados que lancen, guíen y comuniquen la nave espacial durante el vuelo. La curiosidad científica es, generalmente, la justificación básica del viaje a la Luna. Razones secundarias pueden ser la explotación de recursos necesarios, la ampliación del espacio habitable y el descubrimiento de condiciones atmosféricas mejoradas, entre otras.

La identificación de los problemas relacionados con el *cómo* se va a realizar la misión es la parte más difícil del proceso de diseño. Deben considerarse todos los sistemas físicos y naturales que afectarán al vuelo. La figura 2-6 muestra el área de la superficie lunar que algunas naves de prueba deben fotografiar para determinar su conveniencia como lugar de alunizaje. Deben investigarse criterios tales como la distancia de la Tierra a la Luna, sus campos gravitatorios, la disponibilidad de propulsores para la nave, la tripulación requerida, sus condiciones de vida durante el vuelo, el método de retorno a la Tierra y los sistemas de guía. La fig. 2-7 ilustra un lanzamiento preliminar no tripulado con las notas e información suplementaria que identifican los diversos detalles de la misión. Es obvio que se deben hacer muchas otras consideraciones de este tipo para entender los requisitos del problema y así prevenir el olvido de un concepto importante.

La información pertinente a la identificación de un problema se puede entender e interpretar con mayor facilidad si se presenta gráficamente como en la fig. 2-8. Los datos tabulados de las variaciones de los factores importantes se pueden graficar para facilitar su evaluación. Un ejemplo de este tipo de información puede ser la reducción de la fuerza gravitatoria con respecto a la distancia de la Tierra. Los estimativos presupuestales necesarios para el proyecto deben tabularse e ilustrarse. Un sistema patrocinado por el gobierno introduce problemas de orden político que deben evaluarse.

Toda la información y los datos que sirvan para identificar un problema de diseño deben presentarse en forma gráfica y escrita. Esta información debe guardarse como archivo permanente de la etapa de identificación. Si la identificación del problema consiste únicamente en algunas frases que describen los requisitos del problema, se anotarán para darle base sólida al problema, en vez de confiar en una

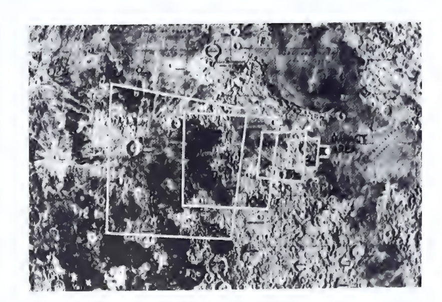


Fig. 2-6. Durante los últimos 15 minutos de vuelo, una nave experimental debe proporcionar fotografías de las áreas de la superficie lunar enmarcadas en blanco. (Cortesía de la NASA.)

LANZAMIENTO DE UNA NAVE RANGER

LUNA
POLO NORTE
MANIOBRA DE CORRECCION DE POSICION, VELOCIDAD Y DIRECCION
ENCENDIDO DEL COHETE ATLAS
ENCENDIDO INICIAL DEL AGENA
DIRECCION DEL LANZAMIENTO
TRAYECTORIA CIRCULAR DEL AGENA A 18 000 MPH Y 115 MILLAS DE ALTURA
APROX. 10 MILLAS DIA.
ENCENDIDO FINAL DEL AGENA
CORREDOR LUNAR RELATIVAMENTE FIJO EN EL ESPACIO, SEGUN EL DIA DE LANZAMIENTO
SI EL RANGER ENTRA EN ESTE CIRCULO DENTRO DE 16 MPH DE LA VELOCIDAD DE INYECCION DESEADA, UN MOTOR AUXILIAR PUEDE AJUSTAR LA TRAYECTORIA
LA VELOCIDAD DE INYECCION OPTIMA VARIA ENTRE 24 520 Y 24 540 MPH, SEGUN LA FECHA DE LANZAMIENTO

Fig. 2-7. Este esquema ilustra el vuelo de prueba de la nave no tripulada *Ranger*, previo a un viaje tripulado. La información obtenida en esta misión es valiosa para posteriores misiones tripuladas. (Cortesía de la NASA.)

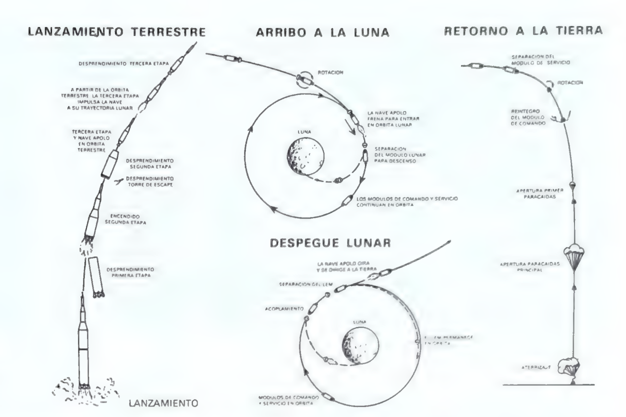


Fig. 2-8. Este esquema en cuatro etapas se utiliza para identificar los problemas especificos en el envio de un hombre a la Luna y su retorno a la Tierra. (Cortesía de la NASA.)

impresión o intuición. Esto es de especial importancia cuando el proceso de diseño se elabora en equipo hacia una meta común. A menos que el problema esté claramente definido, pueden existir diferentes interpretaciones de los objetivos del diseño para cada uno de los miembros del equipo. La etapa de la identificación del problema se explicará con más detalles en el capítulo 3.

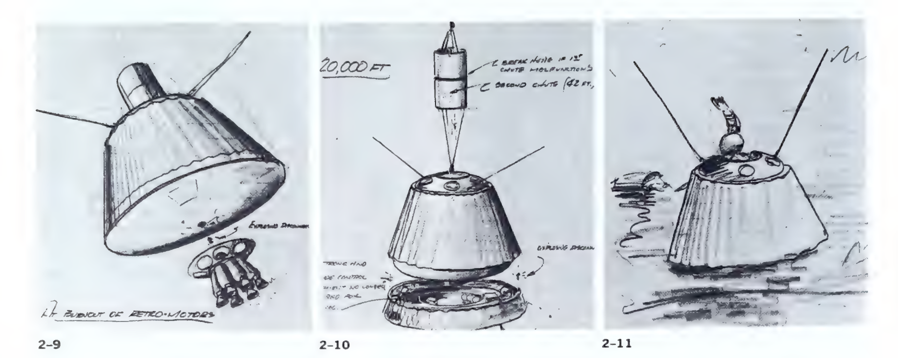
2-8 IDEAS PRELIMINARES

Una vez que se ha definido y establecido el problema en forma clara, es necesario recopilar ideas preliminares a partir de las cuales se pueden asimilar los conceptos de diseño. Esta es probablemente la etapa más creativa de todo el proceso de diseño. Puesto que en la etapa de identificación del problema solamente se han establecido limitaciones generales, el diseñador puede dejar que su imaginación considere libremente cualquier idea que se le ocurra. Estas ideas no deben evaluarse en cuanto a factibilidad, puesto que se las trata con la esperanza de que una actitud positiva estimule otras ideas asociadas como una reacción en cadena.

El medio más útil para el desarrollo de ideas preliminares es el dibujo a mano alzada. Este método rápido de anotar una idea es de gran importancia para el diseñador en el repaso de las diversas ideas para su perfeccionamiento en las etapas posteriores del proceso de diseño. Estos bosquejos no deben estar detallados o en forma final, sino que se deben dibujar rápidamente para expresar una idea o una relación esquemática entre conceptos o funciones. Se pueden hacer anotaciones generales como suplemento de estos bosquejos o para aclarar detalles no muy evidentes en los dibujos.

El intento de evaluar y juzgar cada idea preliminar reduce la posibilidad de obtener una solución original. La evaluación negativa produce restricciones que retardan el libre flujo de ideas. La razón importante de esta acumulación de ideas es la obtención de tantas como sea posible, variando desde adaptaciones de ideas anteriores hasta ideas completamente nuevas. Todas las ideas deben enumerarse y dibujarse para que puedan ser revisadas en su elaboración posterior.

Misión a la Luna - Ideas preliminares. La complejidad del problema del viaje a la Luna requiere ideas preliminares en un gran número de áreas independientes. El problema primordial consiste en obtener una unidad de potencia que impulse la nave. El diseño de la nave



2-9 2-10 2-11

Fig. 2-9. Este bosquejo preliminar sugiere un método de separación de los retromotores de la nave *Mercury* después de frenar el vehículo en su reingreso a la atmósfera terrestre.

Fig. 2-10. Este bosquejo ilustra la desaceleración de la cápsula por medio de un pacacaidas en su entrada a la atmósfera terrestre.

Fig. 2-11. Esta etapa final muestra la cápsula a flote, esperando ser recogida. (Cortesia, con las dos figuras anteriores, de la NASA.)

en sí y sus sistemas integrantes es el problema siguiente. El método de alunizaje y retorno a la Tierra también necesita solución.

Las figs. 2-9, 2-10 y 2-11 muestran bosquejos utilizados en la elaboración de ideas para una nave tripulada para el viaje a la Luna. (Estos bosquejos son preliminares y no reflejan las especificaciones finales.) Muchas de estas ideas se consideraron demasiado radicales y extremas hace algunos años, hasta el punto de que fueron consideradas como material de las tiras cómicas. El tiempo y la tecnología han convertido estas ideas «sin sentido» en soluciones razonables de problemas científicos y de ingeniería.

La fig. 2-12 es un bosquejo del vehículo experimental diseñado para el proyecto *Mercury* que debía usar un cerdo para determinar los efectos del vuelo espacial en un animal. Más tarde, se eliminó el cerdo de estos experimentos cuando se descubrió que no podían sobrevivir mucho tiempo acostados sobre las espaldas. El bosquejo preliminar del módulo de comando ilustrado en la fig. 2-13 facilitó la acomodación final de la tripulación en el proyecto *Apolo*.

Se necesitaron miles de bosquejos del tipo descrito para desarrollar las ideas que contribuirían al programa espacial capaz de llevar al hombre a la Luna. Algunos conceptos fueron modificaciones de sistemas existentes, mientras que otros presentaron un alto grado de imaginación y creatividad, más allá de los conceptos existentes. Todos los bosquejos e ideas significativos se archivaron como medio de referencia para proyectos posteriores.

El tema de ideas preliminares se estudiará con más detalle en el capítulo 4, en donde se explican técnicas de esquematización y otros métodos gráficos útiles en la preparación de ideas preliminares.

2-9 PERFECCIONAMIENTO DEL PROBLEMA

La etapa de ideas preliminares del proceso de diseño ofrece pocas restricciones a la imaginación y a la creatividad. La etapa de perfeccionamiento es el primer paso en la evaluación de las ideas preliminares y se concentra bastante en el análisis de limitaciones. Todos los esquemas, bosquejos y notas se revisan, combinan y perfeccionan con el fin de obtener varias soluciones razonables del problema. De-

ben tenerse en cuenta las limitaciones y restricciones impuestas sobre el diseño final. Los bosquejos son más útiles cuando se dibujan a escala, pues a partir de ellos se pueden determinar tamaños relativos y tolerancias y, mediante la aplicación de la geometría descriptiva y dibujos analíticos, se pueden encontrar longitudes, pesos, ángulos y formas. Estas características físicas deben determinarse en las etapas preliminares del diseño, puesto que pueden afectar al diseño final.

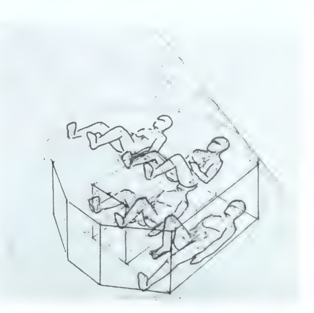
El diseñador debe repasar periódicamente sus bosquejos preliminares en busca de una idea valiosa que haya pasado por alto y que pueda utilizar en el perfeccionamiento de soluciones. No debe concentrarse en una idea particular hasta el punto de perder la libertad de desecharla y elaborar un concepto completamente diferente. Los cambios en la solución son mucho más fáciles en esta etapa que en las posteriores, cuando ya se ha invertido mayor cantidad de tiempo.

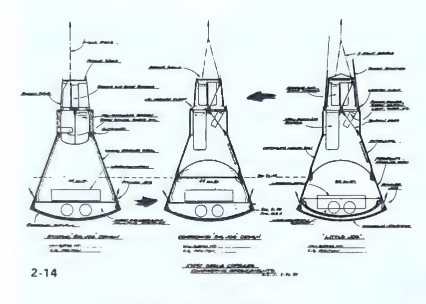
Misión a la Luna - Perfeccionamiento del problema. Los bosquejos preliminares del vehículo se desarrollan y mejoran con el propósito de ofrecer configuraciones alternativas de la cápsula. La fig. 2-14 muestra tres diseños dibujados a escala. Cada diseño incorpora las ideas generales sugeridas por la etapa anterior; sin embargo, cada configuración ofrece una solución distinta al problema. Se utilizan anotaciones para identificar las diferencias de cada diseño. La fig. 2-15 presenta una comparación de ensamblajes para varias etapas del programa.

La fig. 2-16 ilustra el perfeccionamiento de la cápsula *Apollo*. Este esquema se ha dibujado a escala para presentar el concepto claro de los requisitos de espacio y de las tolerancias necesarias según las condiciones ambientales del vuelo. Las vistas y los bosquejos auxiliares se hacen necesarios durante el desarrollo y perfeccionamiento del diseño básico. Un dibujo a escala permite al diseñador medir las dimensiones críticas, estimar pesos, volúmenes y áreas y estudiar la operabilidad del vehículo respecto a sus pasajeros.

Fig. 2-12. Este esquema preliminar de la nave del Proyecto *Mercury* ilustra una posible configuración de la cápsula. Inicialmente, se pensó en hacer las pruebas experimentales con cerdos, pero más tarde se desechó la idea.

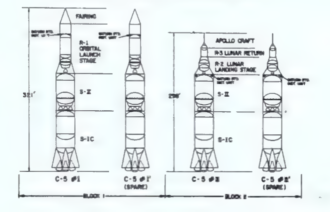
Fig. 2-13. Este bosquejo presenta ideas preliminares para la acomodación de la tripulación del Proyecto *Apollo*. (Ambas figuras cortesía de la NASA.)



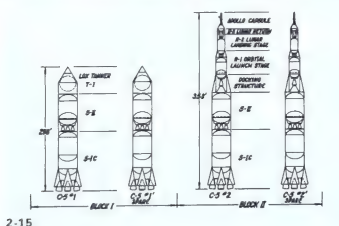


2-14

MODO DE CONEXION
PREPARATIVOS DE LANZAMIENTO



APROVISIONAMIENTO DE COMBUSTIBLE



2-15

Fig. 2-14. Estos dibujos a escala se utilizaron para perfeccionar el diseño de la nave *Big Joe* mediante la incorporación de las mejores ideas preliminares.

Fig. 2-15. En estos dibujos se comparan varias posibilidades de naves ensambladas.

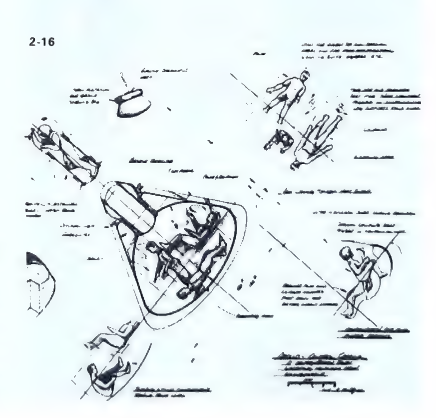
Fig. 2-16. Estos dibujos a escala se utilizaron para definir espacios libres y áreas dentro de la cápsula *Apolo*. Mediante el perfeccionamiento de sus dibujos a escala, el diseñador puede determinar dimensiones críticas y estimar pesos y volúmenes. (Cortesía, con las dos figuras anteriores, de la NASA.)

Durante las etapas iniciales del proceso de diseño se debe dar importancia a las limitaciones conocidas del equipo, a los principios físicos y científicos y a los sistemas accesorios. Ante todo, los métodos gráficos son las herramientas más útiles en la evolución del diseño. Los bosquejos y diagramas ayudan al diseñador en la ordenación de sus ideas en forma preliminar. Los dibujos a escala contribuyen a la evolución del proceso desde la idea inicial hasta el concepto refinado. La geometría descriptiva y el análisis espacial se pueden emplear para determinar en los dibujos a escala la información crítica esencial en la siguiente etapa del proceso. El capítulo 6 cubre el área de perfeccionamiento de problemas y su relación con los métodos gráficos.

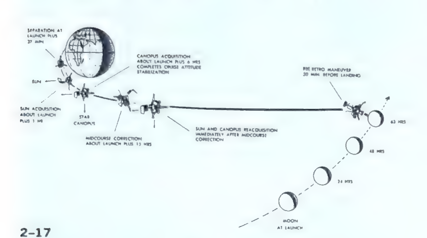
2-10 ANALISIS

El análisis es la parte del proceso de diseño que mejor se comprende en el sentido general. El análisis implica el repaso y evaluación de un diseño, en cuanto se refiere a factores humanos, apariencia comercial, resistencia, operación, cantidades físicas y economía dirigidos a satisfacer los requisitos del diseño. Gran parte del entrenamiento formal del inge-

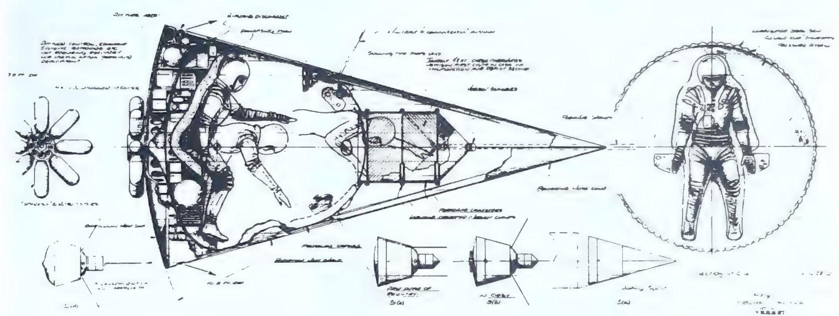
2-16



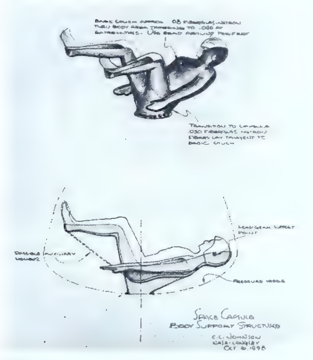
TRAYECTORIA DEL SURVEYOR



2–17



2–18



2–19

Fig. 2-17. Los problemas del alunizaje mediante el estudio de datos observados por naves no tripuladas, tales como el *Surveyor*. Este vehículo proporcionó la información necesaria para el alunizaje suave.

Fig. 2-18. Este esquema de la cápsula *Mercury* permite analizar gráficamente las relaciones entre las diversas unidades interiores y los factores humanos para un funcionamiento eficiente.

Fig. 2-19. El análisis del método de acomodación del astronauta se indica en estos bosquejos a escala. Se adoptó esta posición, pero se desechó el método de fabricación. (Cortesía, con las dos figuras anteriores, de la NASA.)

niero se concentra en estas áreas de estudio. Las matemáticas, la física, la química y otras ciencias de la ingeniería se utilizan más en esta etapa del proceso de diseño que en cualquier otra. El análisis de un diseño es esencial en el proceso; sin embargo, es tal vez la etapa menos creativa. Esto se debe a que la solución debe diseñarse antes de que pueda analizarse. Si durante el análisis se encuentra que el diseño propuesto es inadecuado para sus necesidades, el diseñador debe regresar a sus ideas preliminares y buscar una modificación que sea operable o, si es el caso, emprender una nueva solución que deberá ser perfeccionada antes de analizarse. Un método de analizar conceptos avanzados de un diseño consiste en construir y probar modelos a escala y prototipos de tamaño natural. Se deben analizar

los datos experimentales obtenidos en estos ensayos para comprender mejor las características del diseño.

El análisis proporciona al diseñador y al ingeniero un medio de valorar un proyecto, pero no puede ofrecer la solución del problema. El diseñador que domina los principios de ingeniería y los métodos de análisis puede sacar provecho de sus conocimientos en el diseño de productos y sistemas originales mientras sigue las normas del análisis para evaluar su solución. Una vez más, los métodos gráficos encuentran aplicaciones definidas en el análisis del diseño. Los capítulos 13 y 14 estudian las aplicaciones de los principios gráficos y de la geometría descriptiva en esta importante etapa del proceso de diseño.

Misión a la Luna - Análisis. El análisis de este problema requiere el estudio detallado de principios científicos, la utilización de matemáticas avanzadas y las demás disciplinas relacionadas con un proyecto de esta magnitud. El empuje del sistema propulsor debe comprobarse en detalle con el fin de determinar si el sistema propulsor es adecuado. Los sistemas de comunicación y control se analizan por medio de pruebas de campo y misiones simuladas tales como la de la nave no tripulada *Surveyor* (fig. 2-17). Los sistemas de control ambiental se ensayan con animales para determinar la capacidad del sistema en el mantenimiento de las condiciones indispensables en un vuelo tripulado.

La fig. 2-18 presenta el análisis gráfico del diseño interior de una cápsula propuesta. Este dibujo se utiliza para analizar la configuración y funcionalidad del interior del vehículo. La situación de los controles y los demás sistemas de operación manual pueden analizarse para determinar la factibilidad de su localización y su operabilidad. Las dimensiones del astronauta son un factor primordial en el tamaño de la cápsula. En el esquema de la fig. 2-19 se observa un análisis más detallado de factores humanos. Esta posición del astronauta (como en un sofá reclinado) se analizó y se probó. Se encontró que el astronauta puede soportar las fuerzas de aceleración durante el lanzamiento y el reintegro al final del vuelo. Este método específico de fabricación se desechó después de un análisis exhaustivo.

Los aspectos que requieren análisis dentro del programa espacial son demasiado numerosos para mencionarlos aquí. La evaluación analítica de los diseños propuestos está a cargo de cientos de ingenieros, científicos y técnicos que trabajan en diferentes equipos.

2-11 DECISION

La decisión es la etapa del proceso de diseño en la cual el proyecto debe aceptarse o rechazarse, en todo o en parte. Es posible desarrollar, perfeccionar y analizar varias ideas y cada una puede ofrecer ventajas sobre las otras, pero ningún proyecto es ampliamente superior a los demás. La decisión acerca de cuál diseño será el óptimo para una necesidad específica debe determinarse mediante experiencia técnica e información real. Siempre existe el riesgo de error en cualquier decisión, pero un diseño bien elaborado estudia el problema a tal profundidad que minimiza la posibilidad de pasar por alto una consideración importante, como ocurriría en una solución improvisada.

El proceso de decisión puede ser responsabilidad del diseñador, de un grupo de asociados o de un grupo de personal administrativo. De cualquier manera, el diseñador debe organizar toda la información acumulada acerca del proyecto y presentarla en tal forma que sea útil en la decisión. Los diagramas, gráficos, perspectivas y esquemas son de gran utilidad para condensar esta acumulación de gran cantidad de información en una forma de fácil interpretación. Los modelos son importantes en la ilustración de relaciones espaciales de diseños complicados.

Cuando el diseñador completa su diseño, generalmente escribe un informe en el cual presenta sus descubrimientos y recomendaciones para acción futura. En compañías pequeñas puede exponer el proyecto a sus asociados y superiores utilizando ayudas audiovisuales en la comunicación de sus ideas al grupo. Es importante que el diseñador hable y escriba bien, para así comunicar mejor sus ideas y

recomendaciones. El propósito de la exposición no consiste en engañar a la audiencia, sino, por el contrario, presentar una imagen real y completa del proyecto con sus ventajas y desventajas. El ingeniero deficiente en la comunicación de sus ideas, en forma oral o escrita, no puede presentar con claridad una buena idea del diseño y, por tanto, corre el riesgo de que sus ideas sean rechazadas.

Misión a la Luna - Decisión. A cada momento deben tomarse decisiones cuando se diseña un viaje a la Luna. Grupos o individuos deben tomar decisiones sobre cada componente, sistema y concepto de diseño. El proceso de decisión en un campo experimental relativamente nuevo, como el de este ejemplo, es crucial para el resultado, puesto que existe un número mayor de incógnitas en un campo inexplorado. Una decisión errada puede ser un obstáculo para el programa y puede desorganizar totalmente el plan de actividades.

En todas las áreas, grupos de expertos calificados en áreas especializadas deben tomar las decisiones. Un solo individuo o grupo es incapaz de tomar todas las decisiones requeridas. La diversidad de conocimientos de los científicos, ingenieros y otros especialistas hace más difícil la comunicación de todos los conceptos que cuando se trabaja con un grupo relativamente homogéneo en una industria pequeña. Estos especialistas deben intercambiar ideas para utilizar mejor todos los talentos envueltos en el proyecto.

Las decisiones importantes se toman mediante exposiciones orales que siguen a la presentación de un informe escrito. Los conceptos del diseño se presentan y discuten con la junta revisora para mejorar la comprensión del diseño e inducir la decisión correcta. La presentación oral debe ir acompañada de gráficos que mejoren la comunicación de ideas.

2-12 REALIZACION

El último paso del diseñador consiste en preparar y supervisar los planos y especificaciones finales con los cuales se va a construir el diseño. En algunos casos, el diseñador también supervisa e inspecciona la realización de su diseño. Al presentar su diseño para realización, debe tener en cuenta los detalles de fabricación, métodos de ensamblaje, materiales utilizados y otras especificaciones. Durante esta etapa, el diseñador puede hacer modificaciones de poca importancia que mejoren el diseño; sin embargo, estos cambios deben ser insignificantes, a menos que aparezca algún concepto enteramente nuevo. En este caso, el proceso de diseño debe retornar a sus etapas iniciales para que el nuevo concepto sea desarrollado, aprobado y presentado.

La etapa de realización en el proceso de diseño utiliza los métodos gráficos para comunicar los detalles de la solución completa. Este es el uso menos creativo de los métodos gráficos. Esta aplicación consiste únicamente en la presentación de ideas e innovaciones en forma de planos de trabajo. El dibujante puede realizar esta operación con la supervisión del diseñador o ingeniero que elaboró la solución del diseño.

Misión a la Luna - Realización. Los diversos fabricantes localizados en diferentes sitios tienen a su cargo la producción de las partes componentes con las tolerancias adecuadas que aseguren su correcto funcionamiento cuando sean ensambladas con partes producidas por otros fabricantes. Todo esto requiere que los diseños se presenten con gran detalle y con el máximo de claridad. El diseñador utiliza cualquier método a su disposición para comunicar una idea, ya sea un plano de trabajo, una perspectiva o un modelo a escala (fig. 2-20). Sería realmente imposible lograr uniformidad en el diseño sin el empleo de planos de trabajo y métodos gráficos en la presentación de los detalles y especificaciones del diseño. La fig. 2-21 es una «perspectiva explotada» que pretende ilustrar la construcción de una torre de lanzamiento.

Como resultado final, el diseñador verá realizados sus planos y especificaciones y, por tanto, el proyecto hecho realidad. Sólo en esta última etapa y cuando se pruebe el diseño final, el diseñador sabrá si su diseño funciona suficientemente bien para considerarlo satisfactorio. La experiencia se obtiene tanto de

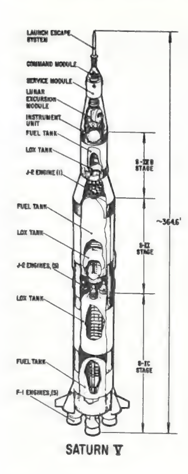


Fig. 2-20. La presentación del diseño final se debe hacer en planos y especificaciones de trabajo; sin embargo, las perspectivas, modelos u otras técnicas suplementarias pueden mejorar la exposición.

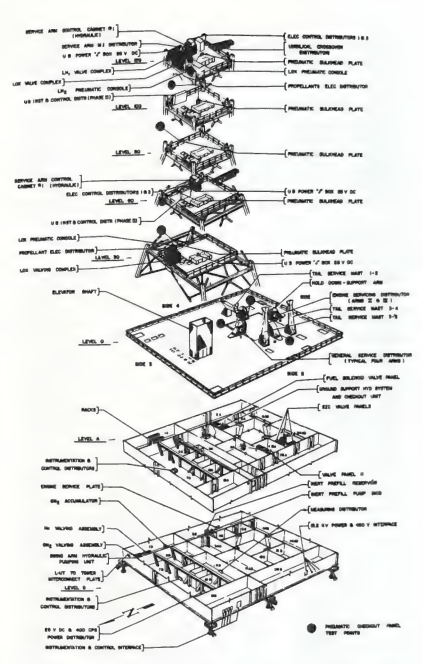


Fig. 2-21. Esta «perspectiva explotada» pretende ilustrar la construcción de la torre de lanzamiento del Complejo 39, Cape Canaveral. (Ambas figuras cortesía de la NASA.)

los fracasos como de los éxitos. Un fracaso no significa el fracaso total del proyecto, sino que sugiere algunas áreas que deben reevaluarse.

2-13 PROBLEMA DE DISEÑO SIMPLIFICADO

Las secciones anteriores presentaron las etapas del proceso de diseño en términos generales y su aplicación a un problema complejo (Misión a la Luna). El siguiente ejemplo tiene por objeto ilustrar la aplicación de estas etapas a un problema sencillo de diseño.

Problema de anclaje de un columpio. Se ha observado que un columpio infantil es inestable en los momentos de máxima amplitud. El momento de máximo balanceo del columpio hace que la estructura en A tienda a voltearse con posibilidad de causar un accidente. El conjunto acomoda tres niños a la vez (3 columpios). Diseñe un dispositivo que elimine este riesgo y que tenga apariencia comercial para los propietarios de columpios de este tipo.

Identificación del problema. Como primera medida, el diseñador anota la definición del problema (fig. 2-22) y justifica su necesidad. Esta acción estimula el flujo de ideas y ayuda en el ataque sistemático del problema. Se enumeran las limitaciones y funciones deseables con los bosquejos necesarios para que el diseñador se comunique consigo mismo y comprenda mejor los requisitos del problema. La mayor parte de la información y anotaciones en la etapa de identificación pueden ser evidentes para el diseñador, pero el hecho de escribir frases acerca del problema y hacer bosquejos es útil para establecer el punto de partida. También es posible descubrir que algunas de las ideas iniciales no son completamente válidas cuando se encuentran sobre el papel.

Este problema de diseño es tan simple que requiere más sentido común que capacidad

técnica; esto no quiere decir que el sentido común deba despreciarse en el diseño de ingeniería. A muchas personas con orientación científica les resulta difícil reconocer una solución obvia y funcional disponible mediante la aplicación de lógica común. Ingenieros, técnicos y diseñadores deben desarrollar la habilidad de tener «visión» en su trabajo para poder evaluar cálculos y conclusiones por inspección para descubrir errores importantes.

Ideas preliminares. La segunda hoja de trabajo se utiliza para hacer bosquejos de las ideas preliminares que puedan conducir a la solución del problema (fig. 2-23). Esta es la parte más creativa del proceso y la que presenta menos restricciones. El diseñador hace bosquejos y anotaciones que describen sus pensamientos preliminares sin concentrarse en un diseño en particular. Después de trazar varias ideas, el diseñador puede repasar sus bosquejos y escribir notas con lápices de colores para indicar las ventajas de cada diseño, restringiendo así su atención a aquellas ideas que parecen mejores.

Perfeccionamiento del problema. Los mejores diseños —dos o más, a menos que exista uno evidentemente superior— se dibujan a escala en un plano general de trabajo como medio de perfeccionar sus diseños preliminares. Se describe el diseño por medio de suficientes anotaciones sin ir mucho al detalle (figura 2-24). El perfeccionamiento proporciona las propiedades y dimensiones necesarias en las etapas iniciales del proceso de diseño.

Según el problema que se esté perfeccionando, se puede hacer uso de proyección ortogonal, principios de dibujo y geometría descriptiva. En este ejemplo (fig. 2-24) se utilizan vistas ortogonales simples con vistas auxiliares para representar los dos diseños. Estos dibujos, aunque perfeccionados, pueden sufrir cambios a medida que transcurre el proceso.

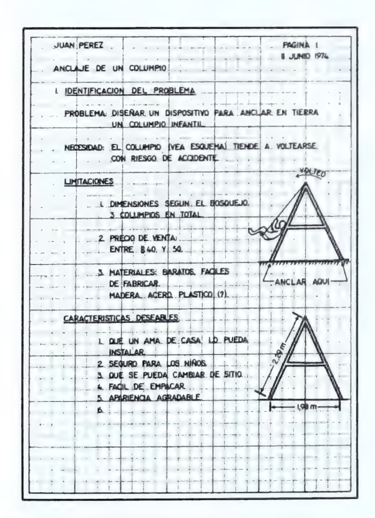


Fig. 2-22. Identificación del problema, hoja de trabajo.

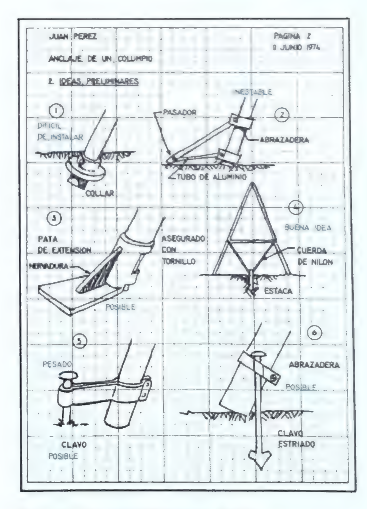


Fig. 2-23. Ideas preliminares, hoja de trabajo.

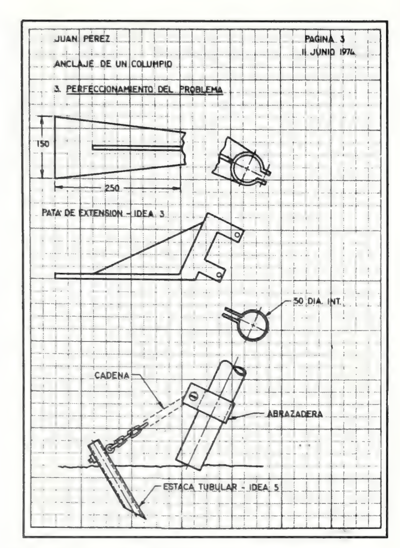


Fig. 2-24. Perfeccionamiento del problema, hoja de trabajo.

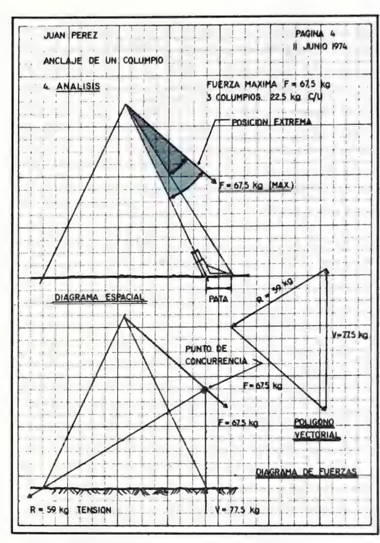
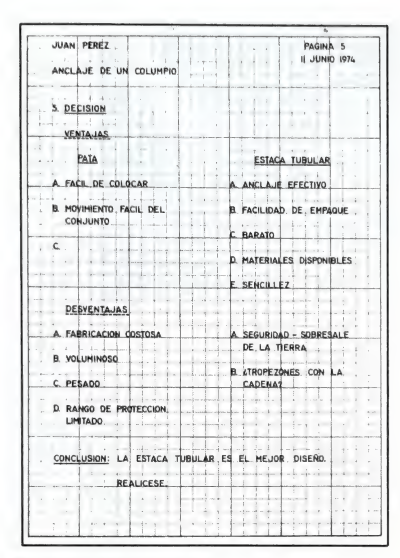


Fig. 2-25. Análisis, hoja de trabajo.

Análisis. Una vez perfeccionado un diseño preliminar con el fin de establecer dimensiones y relaciones fundamentales, se debe analizar para determinar su conveniencia y otros criterios. Es necesario establecer el ángulo máximo de oscilación mediante la observación de un niño que se balancea en condiciones normales. La fuerza F en el ángulo crítico puede calcularse matemáticamente o estimarse mediante la observación (fig. 2-25). Puesto que se pueden utilizar tres columpios al mismo tiempo, la condición máxima existirá cuando los tres columpios oscilen en fase produciendo una triple tensión, de 67,5 kg para este ejemplo.

Las zonas críticas se indican gráficamente en el diagrama espacial para ilustrar los efectos de la pata de extensión y para establecer sus dimensiones, con el fin de eliminar la tendencia a voltearse en la posición extrema del columpio. El diagrama de fuerzas se dibuja a escala para analizar las reacciones en la condición extrema. Este diagrama da la dirección de la reacción, R, pero no su magnitud. Para esto último es necesario dibujar el polígono vectorial con los vectores paralelos a las direcciones del diagrama de fuerzas, en donde $F = 67{,}5$ kilógramos es la única fuerza conocida. La magnitud de la resultante R viene a ser de 59 kg y es la tensión máxima que debe soportar el anclaje del columpio.

Decisión. Los dos diseños deben evaluarse para seleccionar el que se va a realizar. El diseñador puede repetir el proceso previo en cualquier etapa y desarrollar una aproximación completamente diferente si es necesario. En este ejemplo (fig. 2-26) se enumeran las ventajas de cada diseño para facilitar su comparación. Las desventajas también se enumeran para así evitar que alguna falla del diseño


JUAN PEREZ
PAGINA 5
11 JUNIO 1974
ANCLAJE DE UN COLUMPIO

5. DECISION

VENTAJAS

PATA
A. FACIL DE COLOCAR
B. MOVIMIENTO FACIL DEL CONJUNTO
C.

ESTACA TUBULAR
A. ANCLAJE EFECTIVO
B. FACILIDAD DE EMPAQUE
C. BARATO
D. MATERIALES DISPONIBLES
E. SENCILLEZ

DESVENTAJAS

A. FABRICACION COSTOSA
B. VOLUMINOSO
C. PESADO
D. RANGO DE PROTECCION LIMITADO

A. SEGURIDAD - SOBRESALE DE LA TIERRA
B. ¿TROPEZONES CON LA CADENA?

CONCLUSION: LA ESTACA TUBULAR ES EL MEJOR DISEÑO.
REALICESE.

Fig. 2-26. Decisión, hoja de trabajo.

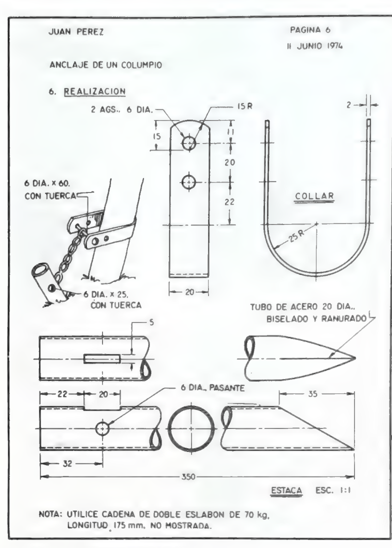


Fig. 2-27. Plano de realización.

haya sido pasada por alto. Estas listas se revisan para obtener una conclusión. Se ha decidido realizar el diseño de la estaca tubular.

Realización. El diseño de la estaca tubular se presenta en un plano de trabajo, con los detalles y dimensiones de cada elemento, a partir del cual se pueden fabricar las piezas. Se han utilizado todos los principios de presentación gráfica, incluyendo un bosquejo a mano alzada que ilustra el conjunto armado (figura 2-27). Nótese que se han hecho cambios después de la etapa de perfeccionamiento del diseño. Estos cambios representan mejoras de orden operacional y económico, manteniendo su función básica. Los elementos comerciales, tales como las tuercas, los tornillos y la cadena, no deben dibujarse; únicamente requieren especificación, puesto que no necesitan fabricación especial. Este plano es lo máximo que puede hacer el diseñador para documentar su diseño sin llegar a construir un prototipo, modelo o producto final. Posteriormente, puede modificar su diseño, pero éste sería un proceso de diseño independiente con las mismas etapas estudiadas en este caso.

Los siguientes capítulos presentarán con más detalle las diferentes etapas del proceso de diseño. El capítulo 3 discute algunos métodos de preparar hojas de trabajo y guardar un archivo para documentar el desarrollo de las ideas preliminares y las finales. Las hojas de trabajo de las figs. 2-22 a 2-27 ilustran el tratamiento normal de un problema sencillo de diseño. Debe anotarse que gran parte del trabajo de diseño está íntimamente relacionado con el empleo de métodos gráficos. Hubiera sido casi imposible diseñar un problema tan simple como el de este ejemplo sin utilizar los métodos gráficos.



Fig. 2-28. Producto final

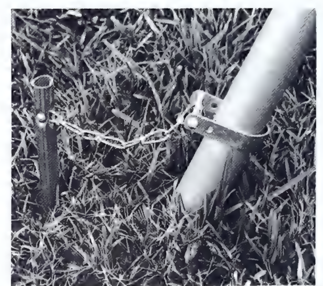


Fig. 2-29. El anclaje ensamblado.

La fig. 2-28 muestra el producto tal como se encontraría en el comercio y la fig. 2-29 lo muestra colocado en el columpio con la estaca clavada en tierra. Tenga presente, sin embargo, que no se ha hecho ningún análisis del mercado o evaluación de las perspectivas comerciales del producto y éste debe ser el requisito más importante de cualquier dispositivo que se produce para el consumo general.

2-14 RESUMEN

El proceso de diseño como se presenta en este capítulo consta de seis etapas: (1) Identificación del Problema; (2) Ideas Preliminares; (3) Perfeccionamiento; (4) Análisis; (5) Decisión; (6) Realización. Estas etapas, en cierta forma, deben aplicarse a todos los problemas de diseño, bien sea en la secuencia indicada o en otra. El proceso de diseño se puede aproximar de muchas maneras y con diversos métodos. Cada cual debe utilizar el procedimiento que le dé mejor resultado.

El problema del viaje a la Luna se utilizó para ilustrar la aplicación, en términos generales, de las etapas del diseño a un problema complejo de ingeniería. En los siguientes capítulos, estas etapas se aplicarán a problemas sencillos al alcance del estudiante y a los problemas de tarea.

Los métodos gráficos son herramientas indispensables para el diseñador que busca la solución del problema. Estos métodos tienen aplicaciones definidas en cada uno de los aspectos del proceso de diseño; en consecuencia, los métodos gráficos y la geometría descriptiva son parte indispensable en el proceso de diseño. El diseñador, en realidad, debe pensar con un lápiz para elaborar diseños creativos. Los métodos gráficos son las herramientas que el diseñador utiliza con mayor intensidad durante todo el proceso de diseño.

PROBLEMAS

Estos problemas deben presentarse en papel cuadriculado o blanco de 21 × 28 cm, según el formato de la sección 1-19. Todas las notas, bosquejos, dibujos y trabajos gráficos deben presentarse en forma clara y de acuerdo con las prácticas presentadas en este libro. Los escritos deben hacerse utilizando letra de 3 milímetros y líneas de guía.

1. Enumere algunas realizaciones en ingeniería que hayan demostrado un alto grado de creatividad en las siguientes áreas: (a) quehaceres

domésticos, (b) transportes, (c) entretenimiento, (d) servicios educacionales, (e) construcción, (f) agricultura, (g) potencia, (h) manufactura.

2. Haga un informe acerca de su plan de actividades para el fin de semana. Indique las áreas del plan que usted cree que contienen algún grado de creatividad o imaginación. Explique el porqué.

3. Escriba un informe corto del proyecto de ingeniería o del individuo que usted crea que ha alcanzado el más alto grado de creatividad. Justifique su elección enumerando los aspectos creativos en que se basa. Su informe no debe exceder tres páginas a máquina.

4. Ponga a prueba su creatividad identificando problemas que necesiten nuevos diseños. Enumere tantas mejoras para un automóvil corriente como sea posible. Presente sugerencias para la ejecución de estas mejoras. Siga este mismo procedimiento en el área de su predilección.

5. Enumere todos los sistemas que usted crea que afecten a su vida cotidiana. Subdivida algunos de estos sistemas en partes o subsistemas componentes.

6. Subdivida los siguientes sistemas en sus componentes: (a) un aula de clase, (b) un reloj de pulso, (c) una sala de cine, (d) un motor eléctrico, (e) una cafetera, (f) un campo de golf, (g) una estación de servicio, (h) un puente.

7. En el ejercicio 6, indique cuáles de los casos son sistemas y cuáles productos. Justifique su respuesta.

8. Haga una lista de los nuevos productos que han aparecido en los últimos cinco años y que usted conoce.

9. Haga una lista de los productos y sistemas que usted consideraría necesarios para la vida en la Luna.

10. Suponga que lo han encargado de la responsabilidad de organizar y diseñar una pista para «Karts». Debe ser un negocio rentable. Escriba un párrafo para cada una de las etapas del proceso de diseño, explicando cómo aplicaría estas etapas a su problema. Por ejemplo, ¿qué debe hacer usted para identificar el problema?

11. Usted es la persona responsable del diseño de una carretilla motorizada para uso doméstico. Escriba un párrafo para cada una de las seis etapas del proceso de diseño, explicando su aplicación en el problema. Por ejemplo, ¿qué debe hacer usted para identificar el problema?

12. Enumere y explique la secuencia de etapas que usted considere adecuadas para el proceso de diseño; no importa que sean diferentes de las explicadas en este capítulo. Su versión puede incluir tantas de las etapas discutidas aquí como usted quiera.



3 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

3-1 GENERALIDADES

El paso inicial en la aproximación a la solución de un problema de diseño comienza con la identificación del problema. La identificación del problema puede ser de dos tipos: (1) identificación de una necesidad o (2) identificación de los criterios de diseño (fig. 3-1). La identificación de una necesidad es un punto de partida bastante frecuente en un proyecto de diseño. Se reconoce un problema, defecto o falla en un producto, sistema o medio existente. Esta necesidad puede ser, por ejemplo, una correa de seguridad para un automóvil, una solución para la contaminación del aire, un aparato especial para cacería o una lata con destapador (fig. 3-2). La identificación de una necesidad no es suficiente para establecer los criterios que debe satisfacer la solución del problema; el diseñador únicamente reconoce la existencia de una necesidad para la cual se requiere una solución.

La identificación de una necesidad es la base donde empieza el problema de diseño. Esta información se puede utilizar para establecer el problema en una propuesta, bien sea en un párrafo o en un informe de varias páginas. Una propuesta es un informe sobre el plan de acción que se seguirá en la solución del problema que se ha identificado. Las propuestas formales se escriben en la misma forma que los informes técnicos, según se discute en el capítulo 15. El capítulo 19 relaciona las propuestas con el proceso de diseño tal como se aplican en problemas típicos. En general, la propuesta es el plan de acción que puede servir como acuerdo o compromiso con un administrador o su profesor en clase.

Una vez recibida la aprobación de la propuesta o plan de trabajo, el problema requiere mayor atención para determinar los criterios de diseño. Un equipo o un individuo puede realizar esta fase. Es necesario acometer la identificación de todos los aspectos del problema y de los diversos factores afines antes de programar los esfuerzos para la solución del problema en un tiempo dado. El resto de este capítulo estará dedicado a este tipo de identificación. Se recomienda referirse periódicamente al capítulo 19, en donde se expone la relación entre la identificación del problema y todo el proceso de diseño de problemas aplicados.

3-2 HOJAS DE TRABAJO

A través del proceso de diseño, el diseñador debe hacer numerosas anotaciones y bosquejos para tener un archivo permanente de sus ideas que más tarde le sirva como referencia. Debe revisar periódicamente sus ideas y anotaciones previas para evitar pasar por alto un concepto importante. Sus ideas y pensamientos son el recurso vital de la creatividad y



Fig. 3-1. Tipos básicos de identificación de problemas.

no deben desecharse después de solucionar un problema inmediato. A menudo, los estudios de ideas preliminares no se desarrollan hasta su estado final sino mucho tiempo después del trabajo inicial. Los bosquejos a mano alzada también pueden servir de registros permanentes para establecer prioridades en lo que respecta a patentes. Se recomiendan los siguientes materiales y formatos como ayuda efectiva para que el diseñador acumule un archivo de sus ideas. Este método se utilizará en cada una de las etapas del diseño.



Fig. 3-2. La identificación del problema puede ser el reconocimiento de la necesidad de una lata de destapar a mano. (Cortesía de ALCOA.)

Materiales. Es de gran utilidad tratar todo el proceso de diseño en forma ordenada y organizada. El trabajo ordenado contribuye a que el diseñador logre una secuencia ordenada de ideas.

1. *Exfoliador tamaño carta (21 × 28 cm).* Este exfoliador para bosquejos puede ser cuadriculado o blanco, según la preferencia del diseñador. Las hojas deben ser perforadas para su conveniente archivo en un cuaderno que contenga todas las anotaciones y dibujos del diseño (fig. 3-3).

2. *Lápices.* Un lápiz de dureza media, tal como el F, resulta adecuado con casi todos los tipos de papel. Un lápiz de color es de gran utilidad para resaltar ideas o características especiales.

3. *Carpeta o sobre.* Todas las hojas de trabajo deben mantenerse en secuencia ordenada para fácil referencia. Se recomienda el uso de una carpeta de argollas o de un sobre manila para mantener las hojas de trabajo en forma presentable.

Formato de las hojas de trabajo. Las siguientes recomendaciones tienen por objeto aconsejar al diseñador en la utilización apropiada de sus hojas de trabajo. Estos pasos se consideran como requisitos mínimos.

1. *Rótulos de cada hoja.* Cada hoja de trabajo (fig. 3-5) debe tener la siguiente información escrita en un lugar prominente.

a) Nombre y título del proyecto.
b) Nombre del diseñador.
c) Número de la página.
d) Fecha (día, mes y año).

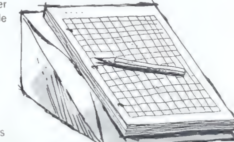


Fig. 3-3. El material de trabajo consiste en lápices exfoliador y un sobre o una carpeta

2. Trabajo de diseño. Todos los dibujos y anotaciones deben presentarse en forma legible, aunque no es indispensable el uso de letra rigurosamente elaborada. Las anotaciones deben ser completas para que reflejen las ideas del diseñador durante el período en que su pensamiento sigue de cerca el problema y, de esta forma, le ayude a retener su dominio. Las anotaciones breves o incompletas pueden ocasionar la pérdida de tiempo en la recuperación de conceptos olvidados. Los comentarios generales pertenecientes a una idea o bosquejo deben hacer parte del registro permanente.

3. Archivo de hojas de trabajo. Todas las hojas de trabajo deben conservarse en una carpeta de argollas o en un sobre manila como el registro fiel de todas las etapas del diseño. Las soluciones de problemas futuros o afines pueden salir del problema de diseño archivado. Las notas preliminares y los bosquejos a menudo van incluidos en el apéndice de un informe de ingeniería con el propósito de documentar la aproximación del diseñador al diseño final. La aplicación de estas recomendaciones se explica con más detalle en los ejemplos que siguen.

3-3 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

El diseñador, generalmente, tiene una idea aproximada del problema, los criterios del diseño y los requisitos que se deben satisfacer, cuando empieza el problema. De esta manera, le resulta fácil concentrarse prematuramente en una solución particular del problema antes de analizarlo completamente. Más tarde, se dará cuenta de que su primera impresión no tenía el fundamento adecuado o éste era inexacto, debido al estudio incompleto de todos los factores.

En la primera etapa del proceso se debe identificar el problema de diseño. La identificación es un ejercicio mental, que requiere que el diseñador analice requisitos, limitaciones y otros parámetros. Este proceso mental está dirigido hacia resultados tangibles y los métodos gráficos se utilizan como un estímulo para motivar el pensamiento. El diseñador debe dedicarse al problema de bosquejar, escribir anotaciones y jugar con el lápiz en las hojas de trabajo. Debe pensar con el lápiz. Las anotaciones gráficas y bosquejos le permiten comunicarse consigo mismo y solidificar sus ideas.

Método de identificación del problema. El diseñador debe dedicar todos sus esfuerzos a la transcripción de sus pensamientos en hojas de trabajo tan pronto como sea posible, en vez de perder el tiempo esperando la inspiración. A continuación (fig. 3-4), se describen brevemente los pasos iniciales en la identificación del problema.

1. Definición del problema. Esta definición se debe escribir como punto de partida del proceso mental. La definición debe ser completa pero concisa para que el diseñador se pueda referir a ella con un mínimo de lectura.

2. Requisitos del problema. Haga una lista de los requisitos positivos que debe satisfacer el diseño. Utilice palabras o frases para describir requisitos o funciones específicos y que sean importantes en la solución del problema.

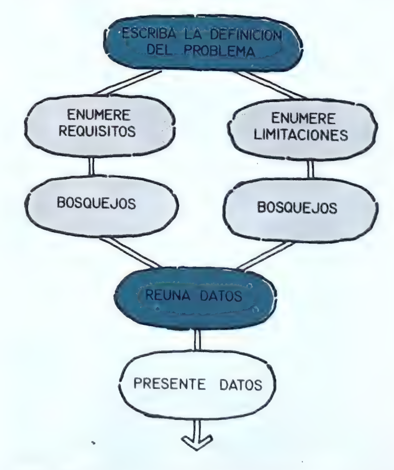


Fig. 3-4. Pasos iniciales en la identificación del problema.

Estas proposiciones pueden ser preguntas para contestar cuando se tengan datos suficientes.

3. Limitaciones del problema. Enumere los factores negativos que restringen el problema. Por ejemplo: (1) no puede pesar más de 25 kilogramos, (2) debe caber en el portaequipajes de un automóvil, etc.

4. Bosquejos. Haga bosquejos de cualquier limitación física o requisito relacionados con el problema. Añada las anotaciones o dimensiones que aclaren la idea del bosquejo.

5. Recolección de datos. Un diseño completo puede necesitar el estudio de datos existentes relacionados con el problema. Estos datos pueden ser crecimiento de población, diseños afines, características físicas asociadas con el problema o análisis del mercado, cuando se elabora un producto de consumo general. La información de este tipo debe presentarse gráficamente cuando sea posible para permitir fácil análisis, ya que la información tabulada es difícil de evaluar.

El diseñador puede descubrir que su concepto acerca de la identidad del problema cambia a medida que obtiene más información pertinente. En este caso, se debe modificar la definición del problema para describirlo en una forma más apropiada. La primera proposición no debe descartarse, sino que debe conservarse como registro del proceso deductivo; simplemente escriba una nota para indicar que la primera proposición fue revisada. Un lápiz de color ayuda a resaltar estas notas secundarias.

El diseñador debe mantener una mente despejada que admita modificaciones de sus puntos de vista acerca del problema. Debe procurar permanecer disponible a las innovaciones que podrían ser descartadas si el alcance del problema se restringe excesivamente.

3-4 IDENTIFICACION DE UN PROBLEMA DE SISTEMAS

Los diferentes aspectos de la identificación del problema pueden verse en su aplicación al problema sencillo de sistemas previamente esbozado en el capítulo 2. Este problema se presenta a continuación.

ESTACIONAMIENTO PAGINA 1
JOSE SALAS 17 JUNIO 1974

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

DEFINICION: DISEÑAR UN SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO Y TRANSITO PARA EL EDIFICIO DE INGENIERIA.

NECESIDAD: EL ESTACIONAMIENTO ACTUAL ES INSUFICIENTE.

REQUISITOS:

1. ¿CUANTOS AUTOS DEBE ACOMODAR? ± 100
2. FACIL TRANSITO A LA CALLE. DESVENTAJA DEL SISTEMA PRESENTE
3. UTILIZAR ESPACIO DISPONIBLE. 100 x 100 m
4. VIAS DE ACCESO DE PEATONES AL EDIFICIO.
5. ¿CUANTOS AUTOS ACOMODA EL ESTACIONAMIENTO ACTUAL? ES NECESARIO CONTAR LOS ESPACIOS. 56
6.

LIMITACIONES:

1. DETERMINAR MAXIMO ESPACIO DISPONIBLE. 100 x 100 m
2. SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO Y ESPACIAMIENTO DE ACUERDO CON LAS NORMAS VIGENTES.
3.

Fig. 3-5. Hoja de trabajo de un problema de sistemas.

Problema de sistemas. Seleccione un edificio de su universidad que necesite un estacionamiento apropiado para la gente que lo ocupa. Puede ser un edificio residencia para estudiantes, administrativo o de aulas. Diseñe la combinación de los sistemas de tráfico y estacionamiento adecuada para los requisitos de ese edificio. La solución de este problema debe considerar los reglamentos, limitaciones y normas de la universidad para que sea realista.

El primer paso en la identificación del problema consiste en escribir la definición del mismo en una hoja de trabajo (fig. 3-5). Para establecer la justificación de los esfuerzos, también se establece la necesidad. Obviamente, el diseño no será necesario si no existe una necesidad. Es importante anotar que estas proposiciones *se escriben* en las hojas de tra-

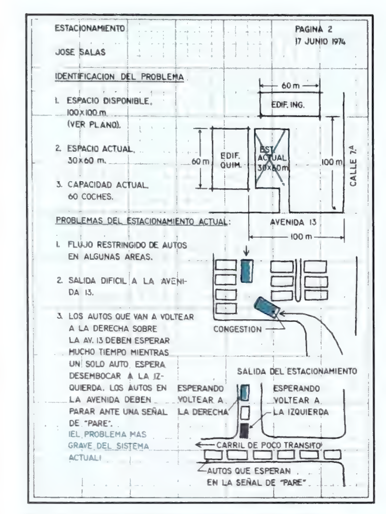


Fig. 3-6. Hoja de trabajo de un problema de sistemas.

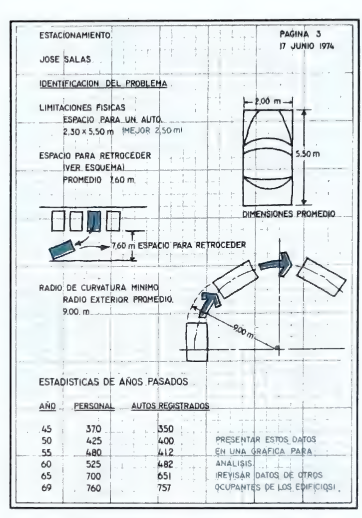


Fig. 3-7. Hoja de trabajo de un problema de sistemas.

bajo aunque el diseñador conozca plenamente la definición y la necesidad del problema. El acto mental de escribir una proposición acerca del problema puede estimular el flujo de ideas que impulsan el proceso de diseño. La renuencia hacia el listado de ideas y, por consiguiente, hacia la comunicación consigo mismo, puede retardar el progreso del proceso de diseño.

El diseñador también debe enumerar los requisitos del estacionamiento en la hoja de trabajo, en vez de confiarlo todo a la memoria. El requisito más importante es el número de autos para el cual se diseña el estacionamiento. Este requisito se escribe en forma de pregunta y se contestará cuando se tenga la información necesaria. El diseñador se escribe una nota para que él mismo investigue las necesidades que hacen parte de la fase de identificación. Cuando no se tienen datos disponibles inmediatamente, se utilizan preguntas para indicar la información que debe recogerse antes de completar la identificación del problema.

Es importante que los automóviles tengan fácil acceso a las arterias de tránsito para evitar congestiones. Otro requisito es la utilización eficiente del espacio y las calzadas para pasajeros y peatones que entran al edificio. Otras ideas se pueden agregar a esta lista. El diseñador se pregunta cuántos autos caben en el estacionamiento existente.

Las limitaciones comprenden el espacio máximo disponible, las normas existentes para espaciamientos de estacionamiento y el espacio de tránsito de los automóviles para entrar y salir del estacionamiento. En la práctica, las limitaciones casi siempre empiezan con el presupuesto disponible, el cual no debe excederse en la construcción. Esta limitación es difícil de establecer en un proyecto de clase por la inexperiencia de los estudiantes en costos de construcción. Por esto, los trabajos de clase únicamente se refieren a costos de construcción en términos muy generales.

Se utiliza otra hoja de trabajo (fig. 3-6)

para resolver las incógnitas de la primera hoja de trabajo. Es necesario referirse a planos existentes o, en su defecto, medir exactamente el lugar para comprender mejor el problema. El plano del lugar se dibuja a mano alzada para ahorrar tiempo y satisfacer necesidades inmediatas. Las anotaciones y acotamientos no necesitan elaboración perfecta como en un plano de trabajo, pero deben ser legibles. Mediante estas notas, el diseñador se comunica consigo mismo.

Los problemas específicos que se observan en el sistema actual se anotan y esquematizan tal como se muestra en la fig. 3-7, con el fin de identificar las correcciones deseadas. La enumeración y el bosquejo de estos problemas ayudan al diseñador en la mejor comprensión del problema.

El diseñador recopila datos midiendo el estacionamiento, contando el número de espacios y midiendo el espacio disponible para estacionamiento adicional. Pero aún existe información adicional que se debe tener en cuenta por su importancia en el problema. Por ejemplo, sería conveniente conocer el número de personas que necesitan estacionamiento en los edificios que lo utilizan. En este caso, se debe hacer un censo del personal docente y administrativo de los edificios de química e ingeniería. Es interesante conocer datos acerca de la utilización del estacionamiento actual, según la hora del día y el día de la semana, para identificar períodos de posible congestión. Esto se puede hacer mediante conteos periódicos programados con tabulación de los resultados.

Otros datos importantes se refieren a los criterios y normas establecidas para el estacionamiento de automóviles, ancho de las calzadas, radio de giro de los automóviles y otros datos útiles en la identificación de las limitaciones del problema. Este tipo de información se puede obtener en publicaciones, observaciones y medición de sistemas existentes, aparentemente funcionales. Los bosquejos de estas limitaciones físicas y las anotaciones generales se escriben según su aplicación en la identificación del problema. Las estadísticas disponibles ofrecen datos acerca del número de personas que asisten a la universidad y el número de autos registrados en años anteriores. Los boletines de los departamentos de química e ingeniería pueden servir para determinar la velocidad de crecimiento del personal docente que trabaja en estos edificios. Estos datos establecen tendencias que deben considerarse en el diseño del sistema de tránsito y estacionamiento de estos edificios.

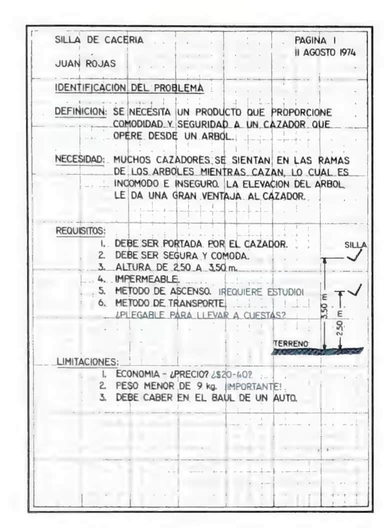
Este problema de sistemas tan sencillo ilustra algunos de los pasos fundamentales necesarios en la identificación del problema antes de sugerir una solución preliminar. La información recogida debe conservarse en hojas de trabajo como archivo permanente, de manera que le permita al diseñador proseguir con el trabajo en caso de que el problema sea interrumpido durante algún tiempo. Sus bosquejos y notas preservan las ideas iniciales que podrán repasarse fácilmente. Las anotaciones en los gráficos y los bosquejos también sirven para estimular el flujo de ideas indispensables en la solución de un problema.

3-5 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA EN EL DISEÑO DE UN PRODUCTO

En el diseño de productos, la identificación del problema ocurre casi en la misma forma que en el problema de sistemas pero el tipo de datos difiere en cierto modo. El siguiente ejemplo, enunciado en el capítulo 2, ilustra la identificación del problema en el diseño de un producto.

Problema de diseño de un producto. Muchos cazadores, especialmente de venado, cazan desde los árboles para obtener cierta ventaja. El estar sentado en un árbol durante varias horas puede resultar incómodo y peligroso para el cazador; esto sugiere la necesidad de una silla de cacería que mejore esta situación. Diseñe una silla que acomode al cazador en forma segura mientras permanece en el árbol, sin olvidar requisitos de costo y limitaciones del cazador.

La hoja de trabajo de la fig. 3-8 tiene casi la misma forma de la del problema de sistemas. Se define el problema y se identifica la necesidad. Los requisitos enumerados en la hoja



SILLA DE CACERIA — PAGINA 1
11 AGOSTO 1974
JUAN ROJAS

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

DEFINICION: SE NECESITA UN PRODUCTO QUE PROPORCIONE COMODIDAD Y SEGURIDAD A UN CAZADOR QUE OPERE DESDE UN ARBOL.

NECESIDAD: MUCHOS CAZADORES SE SIENTAN EN LAS RAMAS DE LOS ARBOLES MIENTRAS CAZAN, LO CUAL ES INCOMODO E INSEGURO. LA ELEVACION DEL ARBOL LE DA UNA GRAN VENTAJA AL CAZADOR.

REQUISITOS:
1. DEBE SER PORTADA POR EL CAZADOR.
2. DEBE SER SEGURA Y COMODA.
3. ALTURA DE 2.50 A 3.50 m.
4. IMPERMEABLE.
5. METODO DE ASCENSO. ¡REQUIERE ESTUDIO!
6. METODO DE TRANSPORTE. ¿PLEGABLE PARA LLEVAR A CUESTAS?

LIMITACIONES:
1. ECONOMIA - ¿PRECIO? ¿$20-40?
2. PESO MENOR DE 9 kg. ¡IMPORTANTE!
3. DEBE CABER EN EL BAUL DE UN AUTO.

Fig. 3-8. Hoja de trabajo en el desarrollo de un producto.

SILLA DE CACERIA — PAGINA 2
11 AGOSTO 1974
JUAN ROJAS

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

PROBLEMAS DE MERCADEO (INFORMACION NECESARIA):
1. ¿NUMERO DE CAZADORES EN LA REGION? ¿PAIS?
2. TIPO DE CACERIA. ¿CUANTOS CAZADORES OPERAN DESDE LOS ARBOLES? (ESTABLECER CONTACTO CON LA OFICINA DE RECURSOS NATURALES.)
3. ¿PRESUPUESTO PROMEDIO QUE CADA CAZADOR GASTA EN EQUIPO? ¿PRECIO RAZONABLE DE LA SILLA? ¿INGRESO PROMEDIO?
4. OPINION DE VENDEDORES DE IMPLEMENTOS DEPORTIVOS ACERCA DE LA SILLA DE CACERIA.
5. ¿DONDE SE VENDERIAN? ¡ESTUDIAR!
6. MEDIOS DE PUBLICIDAD: CORREO, REVISTAS, PERIODICOS.

PROBLEMAS DE COSTO (% SEGUN PRECIO DE VENTA):

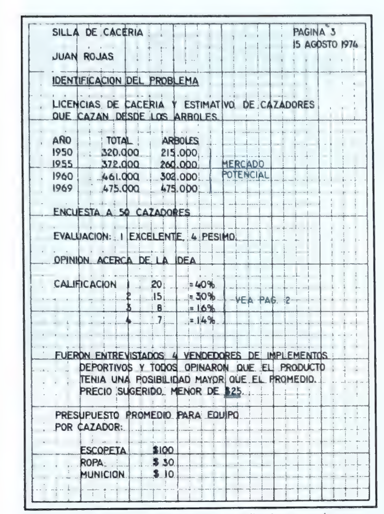
1.	COMISION	30%
2.	REPRESENTACIONES	10%
3.	EMPAQUE	4%
4.	PUBLICIDAD	4%
5.	ALMACENAMIENTO	2%
6.	UTILIDAD DEL FABRICANTE	8%
7.	PRODUCCION	42%
		100%

Fig. 3-9. Hoja de trabajo en el desarrollo de un producto.

de trabajo comprenden precauciones de seguridad y comodidad, un método de transporte del aparato al lugar de cacería, una consideración de protección contra el tiempo y un método de llegar a la altura deseada. El diseñador no intenta darle solución al problema, sino únicamente identificar las necesidades que debe satisfacer.

Las limitaciones se refieren al precio de venta, al peso apropiado para fácil transporte y a un tamaño que se acomode al portaequipajes de un auto promedio. Otras limitaciones se relacionan con los requisitos del mercado, como se presentan en la hoja de trabajo de la fig. 3-9. El diseñador establece preguntas, que deben determinarse con base en datos recolectados en fuentes disponibles. El número de cazadores que se considera como mercado potencial da un cálculo de las perspectivas de manufactura. Un cálculo de mayor importancia sería el del número de cazadores que opera desde los árboles. Esta información puede obtenerse en una oficina gubernamental de recursos naturales. El ingreso promedio de un cazador puede determinarse mediante entrevistas con vendedores de artículos deportivos, cazadores o por experiencia personal. Este dato da idea del rango de precios aceptables para el producto. Conviene consultar las opiniones de los vendedores acerca de la posibilidad de salida del artículo. Aunque el producto no se ha diseñado, el diseñador debe pensar acerca de los métodos de distribución, propaganda y ventas en esta etapa inicial con el propósito de identificar completamente la necesidad. ¿Se venderán las sillas? ¿Qué tipo de publicidad se les hará? ¿Qué tipo de representante de ventas será necesario? Estas cuestiones deben considerarse desde el comienzo del proceso de diseño.

Se deben identificar los problemas de costo, puesto que éstos impondrán las restricciones a los métodos de manufactura y diseño necesarios para producir el artículo dentro de una



SILLA DE CACERIA

JUAN ROJAS

PAGINA 3
15 AGOSTO 1974

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

LICENCIAS DE CACERIA Y ESTIMATIVO DE CAZADORES QUE CAZAN DESDE LOS ARBOLES

AÑO	TOTAL	ARBOLES	
1950	320.000	215.000	MERCADO POTENCIAL
1955	372.000	260.000	
1960	461.000	302.000	
1969	475.000	475.000	

ENCUESTA A 50 CAZADORES

EVALUACION: 1 EXCELENTE, 4 PESIMO.

OPINION ACERCA DE LA IDEA

CALIFICACION	1	20	=40%	
	2	15	=30%	VEA PAG. 2
	3	8	=16%	
	4	7	=14%	

FUERON ENTREVISTADOS 4 VENDEDORES DE IMPLEMENTOS DEPORTIVOS Y TODOS OPINARON QUE EL PRODUCTO TENIA UNA POSIBILIDAD MAYOR QUE EL PROMEDIO. PRECIO SUGERIDO, MENOR DE $25.

PRESUPUESTO PROMEDIO PARA EQUIPO POR CAZADOR:

ESCOPETA	$100
ROPA	$ 30
MUNICION	$ 10

Fig. 3-10. Hoja de trabajo en el desarrollo de un producto.

escala de precios. Si el artículo se va a vender por $25, el diseñador debe determinar el presupuesto real de manufactura disponible para la construcción del producto. La comisión promedio es del 30 por ciento aproximadamente, lo que equivale a un precio al por mayor de $17,50. El fabricante también debe pagar aproximadamente un 10 por ciento del precio de venta a su representante de ventas, quien establece el contacto con los comerciantes individuales; esto reduce el precio de fábrica hasta $15. De estos $15, debe pagar publicidad, empaque y transporte, bodegas y superavit de inventario. Estos gastos se estiman en $2,50 por unidad, lo cual reduce la suma $12,50, de la cual el fabricante debe ganar un 12 por ciento del precio al por mayor o sea $2,10 por silla. Todo esto deja $10,40 para cubrir el costo de manufactura. Esta cantidad constituye una limitación bien definida en el desarrollo del diseño. El diseñador debe ser capaz de analizar todos estos gastos como parte de la identificación del problema.

Los datos referentes a número de cazadores se pueden obtener escribiendo a las agencias pertinentes. Estos datos se tabulan en hojas de trabajo para su fácil manipulación. El diseñador puede efectuar una encuesta entre los cazadores que conoce para obtener opiniones directas acerca de los méritos de la silla de cacería en el comercio. Este tipo de encuesta se explica con más detalle en el capítulo 4. Datos de este tipo deben tabularse en hojas de trabajo en forma semejante a la del ejemplo de la fig. 3-10. Las respuestas de las preguntas indicadas en la hoja de trabajo anterior (fig. 3-9) se señalan con lápiz de color a medida que se determinan a partir de los datos tabulados.

El diseñador de productos considera más importantes los detalles de mercadeo del producto y su aceptación que el diseñador de sistemas, quien generalmente no diseña para el consumo general. En ambos casos, el diseñador debe identificar la necesidad del problema y recopilar los datos relativos antes de poder proseguir con las siguientes etapas del proceso de diseño. Todo esfuerzo que se haga en esta etapa contribuye a prevenir la ignorancia del diseñador en los requisitos reales del problema, los cuales pueden diferir bastante de su primera impresión.

3-6 PRESENTACION DE DATOS

El diseñador ha recopilado los datos que se utilizan para identificar el problema y así formarse una mejor idea de los requisitos del diseño. Los datos pueden ser muy numerosos

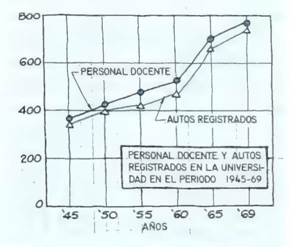


Fig. 3-11. Representación de datos en un gráfico a mano alzada.

y difíciles de interpretar en la forma tabulada tanto para problemas de sistemas (fig. 3-7) como para diseño de productos (fig. 3-10). Los datos son más significativos si se presentan en forma gráfica, de fácil interpretación visual, con las tendencias claramente destacadas. Los métodos de preparación de gráficas y cuadros se estudian en el capítulo 14, en donde se utilizan para analizar datos de diseño. En efecto, el diseñador analiza datos como medio de identificar el problema.

Los datos recopilados para un problema de sistemas o de diseño de productos deben presentarse en una gráfica que dé una impresión visual de los datos. Estas gráficas pueden ser bosquejos a mano alzada o diagramas terminados que puedan insertarse en el informe final del proyecto. La fig. 3-11 muestra una gráfica a mano alzada, en donde se presentan el personal docente y los autos registrados. Es de gran importancia que una gráfica de este tipo esté a escala y sea complementada con las anotaciones necesarias para explicar completamente su significado.

Una gráfica semejante se presenta en la fig. 3-12, con el trazado formal utilizado en la mayoría de los informes. Esta figura presenta el número total de cazadores comparado con el número de cazadores desde los árboles, por año. Esta gráfica se puede utilizar para estimar proyecciones futuras a partir de los datos anteriores. La presentación gráfica facilita la comprensión de estas relaciones año por año con el mínimo de estudio. Estas gráficas también facilitan la comunicación de ideas a las personas que no están familiarizadas con los datos discutidos.

La presentación gráfica no está limitada a datos, sino que puede aplicarse a facilitar la comprensión de conceptos e ideas intangibles. La fig. 3-13 es una ilustración gráfica de los pasos de diseño de un producto. Un esquema de este tipo se puede utilizar eficientemente para organizar ideas y conceptos y para comunicarlos a otros y a uno mismo. El diseñador debe comunicarse consigo mismo para permitir la evolución de su pensamiento desde sus primeras ideas hasta la solución final. Las ideas retenidas en forma de anotaciones y bosquejos pueden sugerir soluciones, mientras que una idea no registrada puede olvidarse. Los bosquejos de la fig. 3-7 ilustran cómo se pueden utilizar los esquemas para establecer criterios de diseño de fácil referencia e interpretación.

Un tratamiento más extensivo de las aplicaciones de esquemas y gráficos y su presentación se da en el capítulo 14. Refiérase a

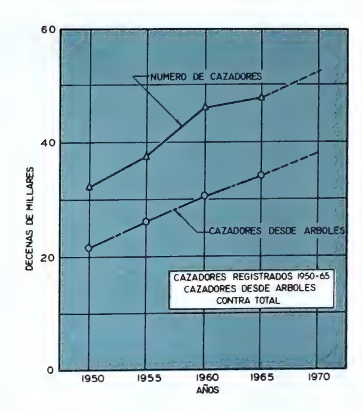


Fig. 3-12. Gráfica formal de datos.



Fig. 3-13. Un esquema de este tipo se puede utilizar para ilustrar conceptos e ideas intangibles.

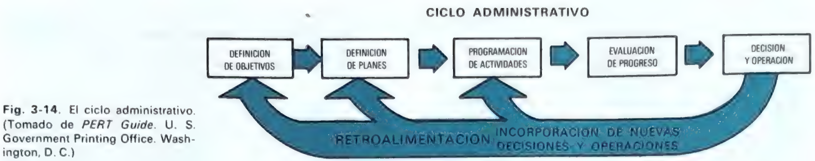


Fig. 3-14. El ciclo administrativo. (Tomado de *PERT Guide*. U. S. Government Printing Office. Washington, D. C.)

ese capítulo para las normas de representación gráfica de datos y su aplicación al análisis de datos. El papel de dibujo gráfico se encuentra en el comercio y su utilización reduce el tiempo de trazado; sin embargo, un informe formal generalmente requiere que las gráficas se hagan a tinta para su reproducción.

3-7 ORGANIZACION DE LA GESTION DEL DISEÑO

La organización y programación del diseño y sus actividades afines son de vital importancia para obtener resultados productivos. Esto es tal vez más importante en proyectos de diseño que en actividades rutinarias. El diseñador que anticipa las diversas actividades que deben realizarse para la obtención de una solución está mejor preparado que la persona desorganizada.

El programa de actividades debe prepararse inmediatamente después de que se ha identificado suficientemente la necesidad del problema, para así garantizar el procedimiento en el proceso de diseño. Esta actividad puede ser el paso siguiente a la aprobación de la propuesta por parte de un administrador o ingeniero jefe o del profesor, si el diseño se realiza como trabajo de clase. Una identificación más extensiva del problema será parte de las actividades programadas cuando se organice el plan de trabajo total.

Una técnica reciente de programación de proyectos es el PERT *(Project Evaluation and Review Technique)*, el cual se ha desarrollado en industrias para trabajar en proyectos que requieren la coordinación de muchas actividades y en los cuales el tiempo es un límite esencial para la realización del proyecto. El PERT proporciona un método de programar actividades en su secuencia apropiada y de revisar el progreso alcanzado en cada una de las etapas. A cada actividad se le asigna un tiempo específico, que luego se ajusta periódicamente para compensar tiempo ganado o tiempo excedido en las diversas actividades según la programación inicial.

El método de programación de proyectos conocido como trayectoria crítica evolucionó del PERT y se utiliza junto con éste en la mayoría de los casos. El método de la trayectoria crítica trata de determinar la secuencia de eventos dependientes de otras actividades. En otras palabras, algunas tareas no se pueden realizar hasta que no se completen ciertas actividades previas. La trayectoria crítica es la secuencia de operaciones que requiere el mayor tiempo con el menor grado de flexibilidad. Las actividades que no están dentro de la trayectoria crítica se pueden programar con un énfasis secundario, puesto que no son críticas en la consumación del proyecto.

El ingeniero debe responsabilizarse por la utilización eficiente de tiempo, dinero, equipo y personal, además de sus tareas de consultoría técnica y supervisión del proyecto. PERT es un método sistemático que facilita el ciclo administrativo (fig. 3-14). Las etapas fundamentales de este proceso son: (1) identificación y comunicación de objetivos, (2) desarrollo de un plan de acción, (3) conversión de los planes a un programa de actividades, (4) evaluación del progreso según el programa propuesto, y (5) retroalimentación para modificar el plan según sea necesario.*

* Tomado de PERT Coordinating Group, *PERT Guide*. Washington, D. C.: U. S. Government Printing Office, 1963.

3-8 PLANEACION DE LAS ACTIVIDADES DE DISEÑO

Los métodos PERT y trayectoria crítica se aplican generalmente en la administración de proyectos de diseño de productos en donde se debe cumplir un contrato. El desarrollo del programa para la fabricación y lanzamiento de un vehículo espacial es un proyecto de este tipo que requiere la coordinación e integración de muchas actividades interdependientes. Estos métodos también se pueden aplicar a un proyecto asignado en clase, en el cual sea necesario realizar una serie de actividades conducentes a la solución. La aplicación de algunos de los principios más sencillos de PERT en el proceso de diseño se presentan como introducción a este tipo de planeación, a la vez que facilitan el análisis de varias etapas del proceso de diseño. Aunque la programación es importante para el individuo en la planeación de sus propias actividades, es considerablemente más valiosa en la coordinación de actividades de equipo.

Programa de Diseño y Registro de Progreso

Utilice este formato para programar asignaciones y registrar progreso. Un registro preciso mejora la utilización del tiempo disponible.

PROYECTO: PRODUCTO #2
EQUIPO DE DISEÑO: 7 — PERIODOS DE TRABAJO: 8 NOV., 16 NOV., 21 NOV.
JEFE: CEPEDA — FECHA DE TERMINACION: 1 DEC.
OJEDA — HRS. HOMBRE: 24
CASTRO
RUBIANO

ASIGNACION	Hrs Hombre previstas	Fecha de iniciación	Porcentaje acabado 25	50	75	100	Fecha de terminación	Hrs Hombre reales
1 ESCRIBIR INFORME CEPEDA Y CASTRO	4							
2. SESION INTERC. DE IDEAS TODOS	1/2							
3. ESCRIBIR CARTAS OJEDA	2							
4. ILUSTRAR DATOS RUBIANO	2							
5. ANALISIS DE MERCADO TODOS	3							
6. RECOPILAR DATOS CASTRO	3							
7. ORGANIZACION TODOS	1							

Fig. 3-15. Programa de Diseño y Registro de Progreso. Anotaciones típicas en la identificación de actividades.

Los siguientes pasos se sugieren como método para planear y programar las actividades de diseño de un proyecto dado. Este método será más eficiente cuando se complemente con el estudio de los siguientes capítulos y cuando se domine completamente el proceso de diseño. El método que se sugiere en la organización de la gestión del diseño, tanto para individuos como para equipos es el siguiente: (1) completar el Programa de Diseño y el Registro de Progreso, (2) desarrollar el Diagrama de Actividades, (3) preparar la Tabla de Secuencia de Actividades, y (4) registrar el progreso en las actividades.

La fig. 3-15 presenta un posible formato del Programa de Diseño y Registro de Progreso (PD y RP). Esta forma se puede utilizar como primer paso para el registro de las actividades que deban realizarse a través del proceso de diseño. No es necesario que las actividades estén en el orden indicado en este formato, sino que deben enumerarse a medida que el equipo de diseño las identifique. Es importante tener en cuenta el tiempo disponible para asignar la duración apropiada a cada trabajo. Esto puede hacerse en la columna para horas-hombre previstas. Después de listar las actividades, se deben asignar a miembros del equipo, manteniendo el equilibrio de responsabilidades. El resto de las columnas permanece en blanco durante esta etapa.

El siguiente paso consiste en la elaboración de un Diagrama de Actividades para arreglar las diferentes actividades en la secuencia adecuada. El Diagrama de Actividades muestra gráficamente las interrelaciones entre actividades y eventos del programa. Un evento es la meta de una fase específica del programa y se indica por medio de un círculo u otra forma geométrica (fig. 3-16). Los eventos no requieren tiempo, pues se consideran puntos de referencia de los diferentes intervalos que forman la cadena de actividades. La *flecha* que une los *eventos* A y B en la fig. 3-16

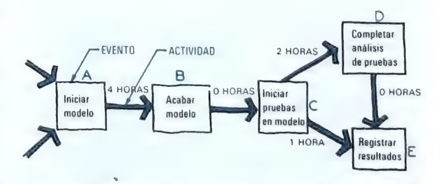


Fig. 3-16. El Diagrama de Actividades se utiliza para determinar la trayectoria crítica o secuencia de actividades que requiere máxima duración.

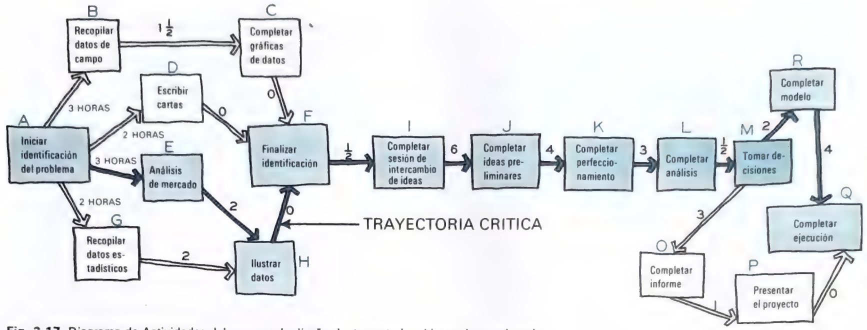


Fig. 3-17. Diagrama de Actividades del proceso de diseño. La trayectoria crítica se ha sombreado.

representa una actividad que consume tiempo; sin embargo, su longitud no guarda ninguna relación con la duración de la actividad. En algunos casos, la flecha puede representar actividades sin duración (tiempo cero), en donde no se consume tiempo, pero es conveniente utilizar una flecha separada. Una flecha de este tipo aparece entre los eventos B y C de la fig. 3-16.

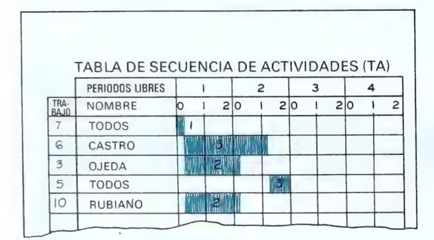
Es de gran importancia que los diversos eventos y actividades estén claramente definidos y detallados antes de intentar la finalización del diagrama. El diagrama está dispuesto como una serie de eventos que indica la prioridad de cada actividad. Así, por ejemplo, el evento D de la fig. 3-16 no puede ocurrir hasta tanto A-B, B-C, C-D y las demás actividades precedentes hayan sido terminadas.

El diagrama será de mayor utilidad en la programación de actividades cuando se asigne duración a cada una de ellas. El diagrama de la fig. 3-17 ilustra la utilización de estos tiempos en la programación. El evento A es el punto de partida y Q el de culminación del proyecto. El tiempo previsto se indica junto a cada flecha y la fecha de terminación se estima según la suma de los tiempos consumidos por cada actividad. La meta que gasta más tiempo se denomina *trayectoria crítica*. Para hacer un cálculo de la fecha de finalización, se acumulan los tiempos en la trayectoria más larga a partir de la fecha de iniciación; estos serán los tiempos críticos para completar el proyecto.

La trayectoria crítica establece las actividades que deben recibir mayor énfasis; las demás quedan subordinadas. Sería una mala práctica de administración el invertir tiempo o esfuerzo adicional en las actividades ajenas a la trayectoria crítica. Las actividades de la trayectoria crítica deben realizarse secuencialmente hasta finalizar el proyecto. Cuando se especifica un límite de tiempo para el proyecto, es conveniente revisar periódicamente la duración prevista y la extensión de cada actividad para hacer los ajustes requeridos según el tiempo disponible. Esto es indispensable en trabajos de clase en donde el tiempo es restringido.

3-9 TABLA DE SECUENCIA DE ACTIVIDADES

Después de completar el Programa de Diseño y Registro de Progreso (PD y RP) y el Diagrama de Actividades, se debe trabajar en la Tabla de Secuencia de Actividades (TA). En un trabajo de clase se pueden tomar horas-hombre como unidades de medida, mientras que en proyectos industriales puede ser conveniente utilizar días o aun semanas. La figura 3-18 muestra la Tabla de Secuencia de Actividades. Las asignaciones o los trabajos listados en el PD y RP (fig. 3-15) están numerados según el orden de aparición. Estos números


TABLA DE SECUENCIA DE ACTIVIDADES (TA)

TRABAJO	PERIODOS LIBRES / NOMBRE	1 (0–1)	1 (1–2)	2 (0–1)	2 (1–2)	3 (0–1)	3 (1–2)	4 (0–1)	4 (1–2)
7	TODOS	1							
6	CASTRO		3						
3	OJEDA		2						
5	TODOS				3				
10	RUBIANO		2						

Fig. 3-18. Tabla de Secuencia de Actividades, según el Programa de Diseño y Registro de Progreso y el Diagrama de Actividades.

representan trabajo en la Tabla de Secuencia de Actividades, en donde aparecen en el orden en el cual deben realizarse según el Diagrama de Actividades (fig. 3-17). El individuo encargado de cada trabajo está anotado en la segunda columna. El resto de columnas de la tabla se utilizan para ilustrar las horas-hombre aplicadas a cada actividad en las fechas dadas. Por ejemplo, si un equipo de cuatro individuos tiene disponible un período de trabajo de dos horas el 16 de noviembre, se tendrían ocho horas-hombre para emplear en los objetivos. Sus actividades pueden repartirse y aplicarse por separado en algunos casos, mientras en otros puede ser indispensable participar simultáneamente en una sola actividad. El total de horas para cierto trabajo no debe exceder del total disponible, ocho horas-hombre en este caso. El segundo período de trabajo se programa en forma parecida.

Debe hacerse continua referencia al PD y RP y al diagrama de trayectoria crítica para constatar que las actividades conformen la secuencia apropiada y sigan la trayectoria crítica. A medida que se completa cada actividad, se recomienda sombrearla. Se pueden utilizar un visto bueno, un diagrama de barras y el número de horas empleado para indicar el porcentaje de horas completado en el PD y RP (figura 3-19). La fecha de finalización y el total de horas-hombre aparecen en las dos últimas columnas. Estas horas pueden ser distintas a las estimadas previamente. Cada uno de los tres instrumentos: (1) Programa de Diseño y Registro de Progreso, (2) Diagrama de Actividades, y (3) Tabla de Secuencia de Actividades, debe utilizarse en concurrencia con los otros dos en la revisión del progreso de las actividades y en la programación de trabajos.

Este método de planear y programar actividades de diseño sigue muy de cerca el método PERT, aunque aquí se presenta muy simplificado para que sirva apenas como introducción. Es posible introducir modificaciones al método sugerido aquí, con el fin de que se adapte mejor a ciertos proyectos individuales o de equipo. Un plan bien detallado puede ser útil para prevenir pérdidas de tiempo debidas a falta de organización en la utilización de los recursos humanos. En el capítulo 19 se presentan sugerencias adicionales para la organización de grupos.

3-10 RESUMEN

La identificación del problema es la primera tarea que el diseñador debe afrontar en cualquier proceso. Los dos tipos básicos de identificación son: (1) identificación de la necesidad y (2) identificación de los criterios de diseño. La identificación de una necesidad consiste

Programa de Diseño y Registro de Progreso

Utilice este formato para programar asignaciones y registrar progreso. Un registro preciso mejora la utilización del tiempo disponible.

PROYECTO: PRODUCTO #2
EQUIPO DE DISEÑO: 7
PERIODOS DE TRABAJO: 8 NOV., 16 NOV., 21 NOV.
JEFE: CEPEDA, OJEDA, CASTRO, RUBIANO
FECHA DE TERMINACION: 1 DEC.
HRS. HOMBRE:

ASIGNACION	Hrs.Hombre previstas	Fecha de iniciación	Porcentaje acabado 25	50	75	100	Fecha de terminación	Hrs.Hombre reales
1. ESCRIBIR INFORME CEPEDA Y CASTRO	4	21 NOV.	1					
2. SESION INTERC. DE IDEAS TODOS	$\frac{1}{2}$	16 NOV.		1/2		1/2	16 NOV.	1
3. ESCRIBIR CARTAS OJEDA	2	8 NOV.		1 1/2				
4. ILUSTRAR DATOS RUBIANO	2	11 NOV.		1				
5. ANALISIS DE MERCADO TODOS	3	16 NOV.				4		4
6. RECOPILAR DATOS CASTRO	3	8 NOV.		1 1/2				
7. ORGANIZACION TODOS	1	8 NOV.				1	8 NOV.	1

Fig. 3-19. La terminación del Programa de Diseño y Registro de Progreso para registrar el progreso.

en el reconocimiento de un problema corregible o de un defecto o falla. Por extensión, este reconocimiento puede conducir a una propuesta del diseñador, en donde se establece la necesidad y se solicita permiso para intentar su solución. Esta propuesta puede ser una fase simple que establezca una necesidad o un informe extenso que incluya la identificación de los criterios de diseño.

El establecimiento de los criterios de diseño se refiere a una investigación y estudio detallado del problema y a sus relaciones con los factores determinantes. El diseñador conduce una investigación a fondo, considerando todas las fuentes de información disponibles, y registra sus hallazgos en hojas de trabajo que archiva como registro permanente. En problemas sencillos, la identificación de criterios puede reducirse a enumerar la serie de ideas y factores que afectan al problema. Aun así, es sumamente importante que todas las notas e ideas y bosquejos sean registrados y archivados, pues el éxito del diseño puede depender del trabajo tangible y ordenado transcrito en hojas de trabajo. No importa el grado de creatividad que la persona posea; debe aprender a expresar sus ideas y descubrimientos en papel para su evaluación y posterior desarrollo.

Los datos deben ilustrarse en cuanto sea posible para mejorar la representación de cifras tabuladas. Estas gráficas pueden ser toscas, a mano alzada, o técnicamente elaboradas para su inclusión en el informe técnico final del proyecto. Los métodos gráficos se deben emplear para presentar tantos datos e ideas como sea posible, mejorando así la comprensión y comunicación de información. La organización de la gestión del diseño es el aspecto más importante en esta fase inicial de un problema de diseño. La evaluación de los requisitos del problema y los pasos por seguir para lograr una decisión satisfactoria conforman la base para su programación y planeación. Las secciones 13-7 y 13-9 consideran un método que puede auxiliar al estudiante en la organización de sus esfuerzos, bien sea que trabaje independientemente o como miembro de un equipo de diseño. Este método, o uno parecido, puede ser empleado para reducir pérdidas de tiempo y esfuerzo debidas a falta de organización. El programa de actividades debe revisarse y modificarse de acuerdo con el progreso realizado a través del proceso de diseño. Este capítulo debe ser repasado de vez en cuando para asegurarse de que los principios estudiados aquí se estén aplicando.

PROBLEMAS

Estos problemas deben presentarse en papel cuadriculado o blanco de 21 × 28 cm, según el formato de la sección 1-19. Todas las notas, bosquejos, dibujos y gráficas deben presentarse en forma clara y de acuerdo con las prácticas introducidas en este libro. Los escritos deben hacerse utilizando letra de 3 mm y línea de guía.

Generales

1. Identifique la necesidad de una solución de diseño que pueda utilizarse como un problema corto de diseño para asignar en clase (menos de tres horas-hombre para la solución completa). Puede tratarse de un sistema o de un producto. Entregue una propuesta que describa brevemente la necesidad y su plan de solución. Limite su propuesta a dos páginas a máquina.

2. Suponga que usted ha sido abandonado en una isla desierta sin herramientas, ni víveres, ni nada. Identifique los problemas más graves que tiene que resolver. Liste los factores que identifican en detalle estos problemas. *Ejemplo:* necesidad de alimentos: determine (a) recursos alimenticios en la isla, (b) métodos de almacenamiento de víveres, (c) método de preparación, (d) métodos de cacería, pesca u otros medios para obtener alimento, etc. Aunque usted no está en capacidad de recopilar datos o producir respuestas, enumere los factores de esta índole que necesitarían respuesta antes de intentar soluciones.

3. En camino a la clase, ¿qué incomodidades o disgustos puede reconocer usted? Identifique el problema que causa estos disgustos, utilizando hojas de trabajo y anotando la definición del problema, el reconocimiento de la necesidad, sus requisitos y sus limitaciones.

4. Aplique los criterios del problema 3 a su vivienda, aula de clase, lugares de entretenimiento, comedores y otros sitios con los cuales esté asociado.

Problemas de diseño de productos

5. Suponga que usted está encargado de la reconstrucción del proceso que el diseñador siguió en el desarrollo de la lata con abridor de la fig. 3-2. Aunque el problema está resuelto y terminado, siga los pasos de identificación que afrontó el diseñador y enumérelos de acuerdo con el procedimiento mencionado en la sección 3-5. Luego de identificar el problema, ¿cree usted que la solución dada es la más apropiada o su identificación le sugiere otros diseños?

6. Siga el mismo enunciado del problema 5 en la identificación del problema de diseñar una plancha de ropa para viajeros. Registre sus anotaciones y bosquejos en hojas de trabajo.

7. Identifique los problemas en el diseño de una carretilla motorizada. Liste sus ideas en hojas de trabajo.

8. Usted habrá notado la conveniencia de un dispositivo acoplado a una bicicleta que le permita subir del pavimento a la acera. Identifique el problema para determinar su aplicación en el mercado general.

9. Identifique el problema y la necesidad de la elaboración de un estuche portátil de ingeniería que permita al ingeniero hacer cálculos, bosquejos y dibujos en donde esté. Puede tener la forma de un maletín que incluya una regla de cálculo, instrumentos de dibujo, papel, material de referencia, etc. Investigue el problema e identifique la necesidad de tal producto.

Problemas de diseño de sistemas

10. La contaminación del agua es un problema de sistemas bastante complicado. Emplee el método de hojas de trabajo para identificar el problema. Defina el problema y enumere las necesidades, requisitos y limitaciones. No es necesario que recoja datos, pero sí que indique el tipo de datos necesarios y su posible fuente.

11. Suponga que se le ha responsabilizado por el plan de expansión de su universidad para los próximos veinte años. Esto incluye todos los aspectos del ambiente universitario, edificios de aulas, residencias, tránsito, bibliotecas, etc. A pesar de que el problema completo requiere el concurso de muchos especialistas, ensaye su lógica en la identificación de los aspectos más importantes del problema. Sin llegar a recolectar datos, indique el tipo de información necesaria y dónde se podría encontrar. Prepare las hojas de trabajo necesarias para registrar su experiencia.

12. Identifique los problemas en el diseño del sistema de suministro de agua en su universidad, suponiendo que la única fuente disponible es la lluvia. Consiga información de cualquier índole que pueda contribuir a la identificación del problema. Elabore las hojas de trabajo correspondientes.

13. Identifique los problemas en el diseño de un teatro al aire libre. Utilice hojas de trabajo e identifique todas las áreas del problema incluyendo tránsito, ingeniería y economía.

14. Suponga que le ha sido asignada la tarea de corregir el sistema más urgente de modificar en su universidad. Enumere los sistemas que usted cree necesitan mejoras, escoja el más crítico e identifíquelo en hojas de trabajo. Obtenga los datos que considere necesarios en la fase de identificación y entregue una propuesta de diseño si la identificación confirma la necesidad.

15. Identifique los problemas de construir, equipar y operar un campo comercial de tiro al blanco. Utilice hojas de trabajo para archivar sus ideas.

16. Elija uno de los problemas del capítulo 19 e identifique el problema en hojas de trabajo como paso inicial hacia el diseño completo. Archive sus hojas de trabajo en un cuaderno o sobre, ya que a este archivo se agregarán otras hojas y materiales a medida que se aplica el proceso de diseño en los capítulos siguientes.

17. Prepare un programa de actividades para un día de clase corriente, empleando los principios de PERT enunciados en las secciones 3-7 y 3-9. Llene los tres formatos discutidos: Programa de Diseño y Registro de Progreso, Diagrama de Actividades y Tabla de Secuencia de Actividades. Indique la trayectoria crítica existente si se eliminan actividades recreativas e improductivas.

18. Prepare las formas mencionadas en el problema 17 para organizar sus esfuerzos en el proyecto de diseño que se le asigne o en uno que usted escoja. Elabore estas hojas para entregar al profesor para ser evaluadas por éste.



4 IDEAS PRELIMINARES

4-1 GENERALIDADES

La acumulación de ideas es el segundo paso principal en el proceso del diseño. Los métodos gráficos y principalmente los bosquejos serán los medios principales que empleará el diseñador al desarrollar sus ideas. Este deberá percibir el «sentido» del problema durante la etapa de identificación y probablemente se formará muchas ideas de posibles soluciones cuando liste los requerimientos del problema. Sin embargo, él no debe permitirse limitar sus empeños a algunas ideas preliminares que puedan impedir otras soluciones posibles.

La necesidad de la creatividad e imaginación es mayor al comienzo del proceso de diseño que durante las siguientes etapas; éstas se aplican al refinamiento y el desarrollo de las ideas iniciales sin mayor preocupación por la elaboración de conceptos nuevos. Las relaciones entre la creatividad y los datos y desarrollo de las informaciones se ven en la fig. 4-1. Esta necesidad de un alto nivel de creatividad no puede llenarse completamente, a no ser que el diseñador evite opiniones negativas. Deberá cultivar sus ideas sin importarle lo radicales que puedan parecer inicialmente. No debe intentar la evaluación de sus ideas durante esta etapa; por el contrario, debe desarrollar tantas ideas como le sea posible y registrarlas con bosquejos y notas.

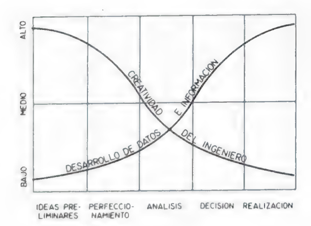


Fig. 4-1. La creatividad del ingeniero es mayor durante las etapas iniciales del proceso de diseño, mientras que el desarrollo de datos e información aumenta en las últimas etapas.

La fig. 4-2 muestra una «cuchara empaque» que empieza como una idea radical. Esta cuchara contiene café soluble para uso inmediato con agua caliente. Algunos productos susceptibles de empacar de esta manera serían caldos, sopas, té, chocolate y concentrados de frutas. Este concepto habría sido de difícil desarrollo si el diseñador no hubiese permitido a su creatividad la libertad de explorar todas las posibilidades.

Un producto relativamente nuevo es el cepillo de dientes eléctrico que se ve en la figura 4-3. Hasta hace poco tiempo, este concepto se hubiera podido considerar como una extravagancia con poca atracción en el mercado; sin embargo, ha llegado a ser aceptado como un artículo de uso doméstico. Se ha diseñado



Fig. 4-2. Un diseño especial es la «cuchara empaque», que es un empaque para café instantáneo. Algunos productos susceptibles de empacar de esta manera serían caldos, sopas, té, chocolate y concentrados de frutas. (Cortesía de ALCOA.)



Fig. 4-3. Un nuevo concepto de diseño es el cepillo de dientes eléctrico y recargable. (Cortesía de General Electric Company.)

con cuatro cepillos intercambiables y una base recargadora. Este aparato no se habría diseñado y manufacturado si el diseñador hubiese sido demasiado crítico durante la formación de sus ideas preliminares y se hubiera dejado influir por una reacción inicial adversa a una idea de este tipo.

Los métodos gráficos son, nuevamente, los mejores medios para mantener un curso continuo de acción. Pero el diseñador no puede permitirse caer en un estado continuo de ficción. Debe presionarse diariamente como un medio para continuar el flujo de sus pensamientos. Si muchas ideas llegan rápidamente, deberá escribirlas en sus papeles de trabajo sin vacilar en desarrollar cada una individualmente; de otra forma, se olvidarán. Las notas de las ideas pueden convertirse más tarde en bosquejos de diseños preliminares. Los cuatro métodos de acumular ideas son: (1) tratamiento individual; (2) tratamiento de equipo; (3) método de investigación, y (4) método de la observación. Este capítulo estudiará estos métodos y dará ejemplos de cómo se pueden desarrollar las ideas preliminares, utilizando métodos gráficos.

4-2 TRATAMIENTO INDIVIDUAL

El diseñador que trabaja independientemente debe hacer más notas y bosquejos de los que podría hacer en el caso de trabajar como miembro de un equipo, pues debe comunicarse consigo mismo a través de sus bosquejos y notas (fig. 4-4). Sus ideas son registradas gráficamente con todas las notas y explicaciones pertinentes. Su meta principal es obtener tantas ideas como sea posible, sobre la base de que las mejores ideas saldrán más y mejor de una lista larga que de una corta. Debe evitar la tentación de dejarse llevar por una sola idea preliminar y de tratar de desarrollarla antes de listar tantas soluciones alternas como sea posible.



Fig. 4-4. El diseñador se comunica consigo mismo a través de dibujos y notas. Esta técnica lo capacita para desarrollar sus ideas preliminares (Cortesía de Ford Motor Company.)

Las ideas se bosquejan como posibles soluciones con notas que las expliquen. Estos bosquejos no son planos de trabajo, sino rápidos dibujos a mano alzada empleados para retener una idea posible que, de otra manera, podría perderse. El procedimiento para registrar estos bosquejos se discutirá en gran detalle en la sección 4-7. Todos los bosquejos y notas deben guardarse como una base para posibles adaptaciones y modificaciones.

Al principio, puede parecer que algunos dibujos e ideas preliminares no tienen el suficiente mérito como soluciones posibles del problema en cuestión, pero a menudo estas ideas pueden convertirse en valiosas soluciones con las modificaciones posteriores. El diseñador debe familiarizarse con la siguiente enumeración de prueba de Osborn, la cual deberá usar para mejorar sus ideas preliminares.*

¿Sirve para otros usos? ¿Nuevas formas de usarlo tal cual es? ¿Otros usos si se modifica?

¿Modificar? ¿Nueva modificación? ¿Cambiarle el sentido, el color, el movimiento, el sonido, el olor, la forma, la configuración? ¿Otros cambios?

¿Ampliar? ¿Qué añadirle? ¿Más tiempo? ¿Mayor frecuencia? ¿Fortaleza? ¿Altura? ¿Longitud? ¿Espesor? ¿Valor extra? ¿Más componentes? ¿Duplicarlo? ¿Multiplicarlo? ¿Exagerarlo?

¿Reducir? ¿Qué quitar? ¿Empequeñecer? ¿Condensar? ¿Miniaturizar? ¿Achicar? ¿Acortar? ¿Aligerar? ¿Omitir? ¿Estilizar? ¿Dividir? ¿Simplificar? ¿Substituir?

¿Substituir?, ¿por quién? Substituir, ¿por qué? ¿Otro componente? ¿Otro material? ¿Otro proceso? ¿Otra potencia? ¿Otro sitio? ¿Otra aproximación? ¿Otro tono de voz?

¿Redisponer? ¿Intercambiar los componentes? ¿Otra disposición? ¿Otro formato? ¿Otra secuencia? ¿Invertir causa o efecto? ¿Cambiar el paso? ¿Cambiar el programa?

* Osborn, Alex J., *Applied Imagination*. Nueva York: Scribner, 1963, pág. 286.

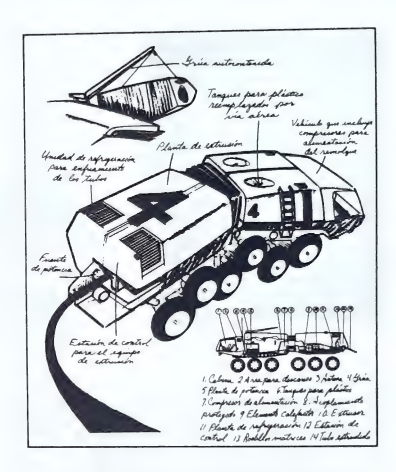


Fig. 4-5. Un diseño preliminar de un instalador de tuberias autoabastecido, que se propone facilitar la irrigación de grandes espacios del desierto. (Cortesía de Donald Desk y Associates, Inc., y Charles Bruning Company.)

¿Invertir? ¿Transportar el positivo y el negativo? ¿Qué hacer con los opuestos? ¿Voltearlo? ¿Colocarlo de arriba abajo? ¿Cambiar papeles? ¿Cambiar bases? ¿Voltear las mesas? ¿Poner la otra mejilla?

¿Combinar? ¿Qué hacer: una mezcla, un surtido, un conjunto? ¿Combinar unidades? ¿Combinar propósitos? ¿Combinar atracciones? ¿Combinar ideas?

Si el diseñador puede contestarse estas preguntas acerca de cada idea preliminar desarrollada, será capaz de aumentar sus conceptos iniciales. La fig. 4-5 muestra un concepto preliminar del diseñador de un instalador de tuberías autoabastecido, que representa un compuesto de muchas innovaciones y aplicaciones particulares de los componentes existentes. Estos bosquejos se podrían haber desarrollado aplicando las preguntas de la lista anterior.

El instalador autoabastecido, que podría estar en uso en 1985, se propone facilitar la irrigación de grandes áreas del desierto. Consta de dos unidades. La primera es el tractor, que incluye cabina, facilidades para dormir, equipo de radio, planta de potencia y tanques para almacenamiento de plástico. La segunda es el remolque, que consta de máquina de extensión, unidad de refrigeración y estación de control. La unidad es capaz de transportar el suficiente volumen de plástico y maquinaria para exturdir y tender aproximadamente 1,5 kms de tubería plástica por cada par de tanques. Los tanques son desechados cuando quedan vacíos y reemplazados por vía aérea. Nótese que se han usado los bosquejos y notas para aplicar los detalles de este diseño. Además de los bosquejos en dibujo técnico convencional, el adjuntar perspectivas puede también ser una gran ayuda para transmitir y desarrollar ideas.

4-3 TRATAMIENTO POR EQUIPO

Debido a la complejidad de la tecnología, el tratamiento de equipo es necesario en muchos de los problemas de hoy. Muchos especialistas en gran variedad de campos deben trabajar juntos para alcanzar una meta común. Las relaciones entre los miembros del equipo introducen el problema de la comunicación y las relaciones humanas. Estos problemas son en gran parte los mismos cuando los grupos son profesionales o estudiantes que participan en un proyecto de grupo asignado por su profesor. Todos deben trabajar juntos para vencer diferencias de personalidad y ambiciones personales.

Un equipo de diseño debe alternar entre el trabajo individual y el trabajo de grupo. Por ejemplo, cada miembro del equipo podría preparar individualmente una serie de ideas preliminares para analizarlas con todo el grupo. Muchos equipos trabajan mejor si los miembros del equipo seleccionan un jefe diseñador para que sea el responsable de hacer asignaciones y moderar todas las discusiones y asegurar que se progrese a través de todo el problema.

Un medio especial de trabajo de equipo es la «sesión de intercambio de ideas», o sea: una discusión espontánea de ideas. Este método se discutirá en detalle en la sección 4-6. Esencialmente, todos los pasos tomados por el equipo son idénticos a los del trabajo individual en el método empleado. La fuerza de un equipo en oposición a la individual es la utilización de los talentos especiales de los miembros del grupo. Por consiguiente, el jefe debe hacer las asignaciones de grupo de manera que se exploten las habilidades especiales de cada uno de los miembros.

Ejemplo de un sistema desarrollado por un equipo de expertos es el «Airtrans», el cual consiste en un sistema de transportes dentro de un aeropuerto. El desarrollo de este sistema ha sido impulsado por la necesidad de mejorar los sistemas de transporte entre los aeropuertos y el centro de las ciudades. Actualmente, el viaje desde el aeropuerto hasta el centro de algunas ciudades puede durar más que un vuelo intermunicipal.

La fig. 4-6 muestra el mapa del área de un aeropuerto y de las ciudades que éste sirve. El aeropuerto Dallas-Fort Worth es el centro de transporte aéreo más grande del mundo y ocupa un área de 18.000 acres. El sistema «Airtrans» sirve como enlace vital entre sitios de estacionamiento y lugares comerciales y proporciona transporte rápido para

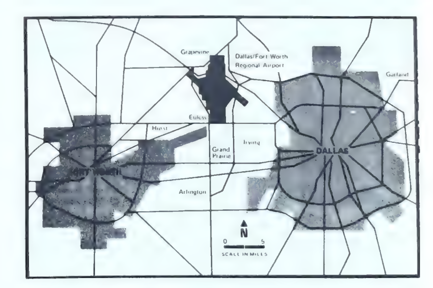
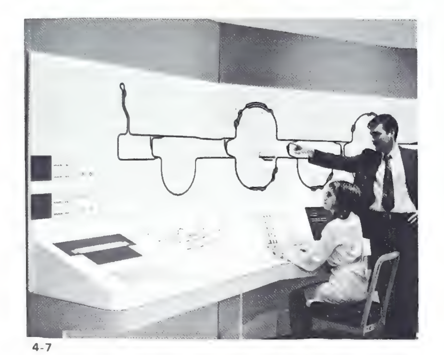


Fig. 4-6. Este mapa muestra el área de localización del aeropuerto con servicio de «Airtrans». (Cortesía de Vought Aeronautics Company.)


4-7


4-8


4-9

Fig. 4-7. Los vehículos del sistema «Airtrans» son controlados desde esta consola para ajustar velocidades, frecuencias y cambios del tráfico.

Fig. 4-8. El diseño de las estaciones incluye gráficos que explican las rutas a los viajeros para ayudarles a escoger su vehículo correctamente.

Fig. 4-9. Este sistema de transporte tiene muchas aplicaciones futuras que ampliarán su radio de servicio. (Las tres ilustraciones, cortesía de Vought Aeronautics Company.)

personas, productos y servicios en el área de las 28 millas cuadradas del aeropuerto.

Las rutas, las frecuencias y los cambios de los vehículos que transportan a los pasajeros están regulados por un control central (fig. 4-7). Este sistema controla y regula, mediante computadoras, el sistema de distribución de energía y provee un sistema sonoro y visual de comunicaciones para la supervisión de los vehículos y de la estación.

Las estaciones de pasajeros están diseñadas de tal manera que suministran instrucciones gráficas a los viajeros mediante una simbología fácilmente comprensible.

Además del transporte de pasajeros, los vehículos están diseñados para cumplir otros objetivos, pero todas las carrocerías están diseñadas de modo que se ajusten a chasis estándar.

Las aplicaciones futuras de este sistema ayudarán a resolver problemas de tráfico más complejos. Con la adición de mayor energía independiente a los vehículos y mediante guías adecuados, se podrá emplear este sistema en rutas más largas (fig. 4-9). Estos vehículos también podrían comunicar el aeropuerto con sitios céntricos de la ciudad, reduciendo así la congestión y él tiempo de viaje.

Dado que en un problema de diseño tan complejo como éste hay varias disciplinas, un solo ingeniero o especialista no hubiera podido resolver este problema. El tratamiento por equi-

po es el medio natural para acometer un problema de este tipo. Los bosquejos se emplean para comunicar ideas entre los miembros del grupo, así como entre los directivos que tendrán la responsabilidad de aprobar las ideas preliminares para el desarrollo posterior.

La organización del equipo es un aspecto crítico en un proyecto provechoso. Las sugerencias para esta organización se darán en el capítulo 19. La distribución de las asignaciones del grupo y revisión de sus actividades son tema de la sección 3-7.

4-4 METODO DE INVESTIGACION

Las ideas preliminares pueden obtenerse por medio de los métodos de investigación cuando se hace un estudio de productos y diseños semejantes que han sido previamente desarrollados. Muchos proyectos de diseño están estrechamente relacionados con diseños existentes que suministrarán al diseñador las ideas que pueden ser modificadas para llenar las necesidades de su problema; este proceso de emplear los principios conocidos en nuevas aplicaciones se llama *síntesis*. Hay muchas fuentes de referencia, que suministran soluciones comparativas de diseño para posterior análisis. Algunas de éstas son revistas técnicas, folletos del fabricante de sus productos elaborados, publicaciones periódicas, registro de patentes y consultores profesionales.

Revistas técnicas. Las bibliotecas tienen numerosas publicaciones técnicas que revisan los desarrollos corrientes dentro del área de especialización cubierta por la publicación. El ingeniero y el técnico encuentran excelentes revistas sin costo alguno, debido a que son de circulación de subscripción controlada. Estas publicaciones son costeadas por la publicidad de productos empleados principalmente por los suscriptores para los cuales fueron publicadas. Los artículos de las publicaciones técnicas ofrecen a menudo explicaciones completamente detalladas de diseños únicos ilustrados con bosquejos y fotografías. Tales artículos son de utilidad porque suministran ideas generales que pueden ser aplicadas a un determinado proyecto de diseño. Los anunciadores de estas publicaciones pueden suministrar informaciones sobre materiales y componentes que pueden ser necesarios en la solución de diseño. Las especificaciones técnicas adicionales pueden obtenerse de los fabricantes a vuelta de correo.

Folletos de los fabricantes. Todos los fabricantes de los productos puestos en el mercado publican folletos que describen sus productos. Algunos de éstos son cuidadosamente elaborados y contienen extensa información que puede ser de utilidad al diseñador interesado en revisar soluciones de diseño relacionadas. Otros folletos del fabricante pueden ser cortos, de tres o cuatro páginas; pero aun los folletos cortos pueden estimular suficientemente una idea fresca. Los fabricantes están acostumbrándose cada vez más a suministrar, a petición, folletos sin costo alguno. La literatura obtenida de los fabricantes deberá archivarse como fuente de futura referencia. Muchas veces algunos diseños necesitarán que ciertos componentes fabricados se combinen en un sistema diseñado. Los estudiantes que trabajan en un producto de diseño resultarán beneficiados al escribir a los fabricantes, solicitando folletos que pueden auxiliarlos en el desarrollo de su diseño.

Publicaciones periódicas. Generalmente, en publicaciones como aquellas a que están suscritas la mayoría de las personas, aparecen importantes desarrollos de diseño. Las revistas viejas pueden ayudar al diseñador tanto como las recientes para encontrar una idea. La atención debe dirigirse hacia los anunciadores, ya que en cada entrega se presentan nuevos productos. Los anuncios son la fuente de los folletos del fabricante, ya mencionados. Los periódicos son de igual valor para el diseñador.

Patentes. Las patentes archivadas en la oficina de patentes pueden suministrar muchas ideas e información técnica que puede ayudar al diseñador en la solución de un problema. Las patentes son materia de registro público y hay copias disponibles para el que las desee, a una módica suma. La fig. 4-10 es una repro-

ducción de una ilustración de la patente de Thomas Edison para el fonógrafo. Las páginas con textos explicativos acompañan la patente.

En algunos países existen publicaciones que registran todas las patentes y son publicadas por la respectiva oficina. El ingeniero diseñador puede sacar provecho de la revisión de las patentes. No sólo recibirá información técnica útil, sino que sabrá cuándo sus ideas coinciden o no con las de patentes existentes.

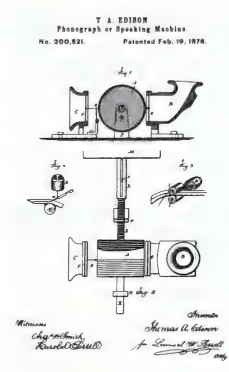


Fig. 4-10. Una ilustración de la patente de Thomas Edison para el fonógrafo.

Consultores profesionales. El diseñador debe aprender a sacar provecho de los conocimientos y experiencias de especialistas cuando se presente la oportunidad. Frecuentemente, su diseño necesitará investigación en un campo para él desconocido; es en este momento cuando debe consultar con un especialista. Tal persona podrá suministrar la ayuda necesaria para evitar el redescubrir un sistema ya existente; además, el especialista ya está familiarizado con los métodos que se emplean corrientemente. El consultor puede ser un ingeniero asociado con el diseñador, un ingeniero independiente, o cualquier colaborador que tenga el suficiente conocimiento del problema.

Se puede emplear un consultor profesional o una firma consultiva para que suministren asistencia al diseñador en la revisión de las posibles soluciones. Un problema representativo de diseño puede requerir de un grupo de especialistas en estructuras electrónicas, sistemas de potencia e instrumentación. Se encuentran además representantes de los fabricantes que prestan asistencia en problemas relacionados con los servicios y productos suministrados por el fabricante. La fig. 4-11 es el bosquejo de un sistema diseñado que requiere los conocimientos de muchos especialistas que trabajen en equipo para lograr un mismo objetivo. La fig. 4-12 muestra un grupo de ingeniería de planeación organizando las diferentes secciones de una fábrica para obtener el mayor grado de eficiencia, comodidad y economía. Ellos son especialistas más calificados para planear la distribución que los operadores de la planta.

Un estudiante puede obtener ayuda para un proyecto de diseño de otros compañeros que posean suficientes conocimientos y de profesores de materias que cubran el área de su necesidad. En muchas comunidades hay grupos e individuos que pueden suministrar información que ahorre tiempo y conduzca hacia una solución. Se deben tomar notas, para registrar los puntos de discusión y las conclusiones producto de una conferencia con un consultor.

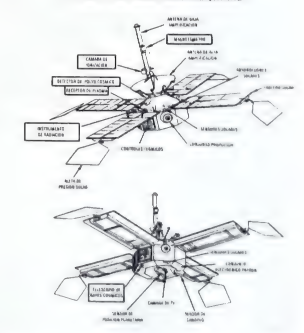


Fig. 4-11. El diseño de un vehículo espacial, tal como el Mariner/Mars, necesita el trabajo de muchos especialistas como miembros de un equipo. (Cortesía de la NASA.)

4-5 METODOS DE ENCUESTA

Los métodos de encuesta se usan para condensar opiniones respecto a un diseño, como se verá en el capítulo 13, para muestrear o escuchar opiniones con respecto a un diseño preliminar durante las etapas iniciales del proceso de diseño. El diseñador puede beneficiarse de su contacto con el «consumidor» o éste de su proyecto de diseño. Esto es importante principalmente cuando se va a diseñar un producto que será utilizado por el mercado general. Los métodos de encuesta se emplean para determinar la necesidad de un diseño particular durante la etapa de identificación del problema. Los métodos de que se trata en este artículo tienen que ver con la reacción del consumidor frente a una solución específica o diseño propuesto.

Opiniones. El diseñador está interesado en conocer la actitud del consumidor respecto a su diseño. ¿Está el comprador interesado, en extrema necesidad, o muestra poco interés por el producto? Por ejemplo: una pista de tenis no deberá construirse a no ser que haya un adecuado interés en ella que indique que va a ser utilizada por los residentes del área donde se va a ofrecer. Existen agencias profesionales para efectuar encuestas que determinan las reacciones y opiniones generales con respecto a una situación particular. Estas agencias pueden hacer encuestas que determinen el sentimiento público general o pueden obtener opiniones de un grupo seleccionado de la población. La preferencia por un artículo consumido por la población total debe provenir de gentes de todas las edades y conocimientos, mientras que un artículo utilizado, por ejemplo, sólo por maquinistas necesitará de una encuesta de estas gentes y sus empleadores. Una vez que el encuestador, que puede ser aun el diseñador o una agencia, ha determinado el grupo particular cuya opinión es más importante para su proyecto, deberá seleccionar uno de los siguientes métodos para obtener las opiniones: (1) entrevista personal; (2) encuesta telefónica; (3) formulario por correo.

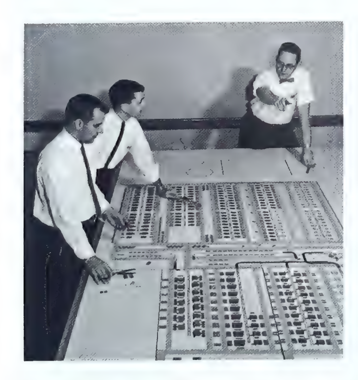


Fig. 4-12. Especialistas en distribución diseñan y desarrollan plantas de manufacturas para obtener un máximo de eficiencia y comodidad. (Cortesía de Firestone Tire and Rubber Company.)

La *entrevista personal* deberá ser organizada de tal manera que suministre una uniformidad tal, que lleve a opiniones seguras e imparciales. Debe imprimirse una lista de preguntas fundamentales que requieran mínima explicación y puedan ser fácilmente entendidas, de tal manera que el encuestador pueda anotar las respuestas tan pronto le sean dadas. Las preguntas deben ser del tipo verdadero o falso, o de opciones múltiples, para facilitar la tabulación y el llegar a conclusiones después de la encuesta. Las preguntas que requieren redacción llegan a ser inmanejables y, generalmente, no producen conclusiones. El número de preguntas debe ser tal que se pueda conocer lo suficiente sobre la opinión del consumidor sin llegar a ser pesado ni repetitivo. El encuestador se presentará, dirá el propósito de la encuesta y pedirá permiso para efectuarla. Las preguntas que se hagan deben ser, en lo posible, impersonales para evitar respuestas comprometidas. Las respuestas deben anotarse a medida que son dadas.

La *encuesta telefónica*, si se desea conocer la opinión del público en general, puede llevarse a cabo con personas cuyos nombres se han tomado al azar de un directorio telefónico. Si se desea la opinión de un grupo determina-

do —por ejemplo, vendedores de artículos deportivos—, las páginas amarillas del directorio suministran rápidamente una lista de teléfonos. La entrevista telefónica deberá conducirse en la misma forma que la personal y se tabulará de manera parecida.

El *formulario por correo* es un método económico de tener contacto con un grupo elevado de personas de un amplio rango de localidades. La calidad de las respuestas devueltas depende de la organización del cuestionario. Muchas preguntas dan la impresión de que están bien elaboradas hasta cuando se analizan las respuestas y se encuentra que una o varias preguntas no fueron entendidas. Por tanto, es ventajoso probar el cuestionario, enviándolo a un pequeño grupo, como un estudio preliminar para aislar preguntas flojas, de manera que éstas puedan revisarse antes del envío definitivo. Deberá incluirse un sobre autodirigido con porte pagado en todos los envíos de este tipo para asegurar un alto porcentaje de respuestas. Las preguntas deben ser de opción múltiple en lo posible, como se mencionó en el método de encuestas de opinión. Deberán enviarse por lo menos el doble de formularios del número calculado como sufiente para representar la opinión del público. Esto sirve para asegurar un número válido de respuestas.

El tamaño de la muestra es una consideración de importancia en una encuesta de opinión porque, si la muestra es muy pequeña, se debe tener poca confianza en las conclusiones; las muestras grandes son más confiables. Igualmente, las opiniones deben provenir de una muestra típica de la población considerada, puesto que sus opiniones frecuentemente varían según las circunstancias geográficas y económicas. Por métodos estadísticos, se determinará el tamaño conveniente de la muestra.

¿Qué tipos de opiniones prestarán más ayuda al diseñador? Primeramente, le gustará saber si hay necesidad del artículo sobre el cual está trabajando. Si el consumidor no está totalmente de acuerdo con el producto, ¿qué formas le gustan y le disgustan? ¿Qué precio estaría dispuesto a pagar por él? Si es un vendedor, ¿qué le ha hecho pensar en venderlo? ¿Importan mucho el tamaño o el color? ¿Ha comprado productos parecidos anteriormente? ¿Qué le gusta de ellos?

Todas las averiguaciones deberán presentarse gráficamente después de la tabulación para su estudio y análisis. En esta etapa los datos podrán presentarse en forma de bosquejo antes de su presentación para decisiones, como se vio en el capítulo 3. Frecuentemente, las opiniones identifican necesidades y características deseadas de produtos que no existían previamente. Pocos de los artículos domésticos de uso común existían hace veinte años; probablemente en un futuro no lejano la tecnología introducirá artículos nuevos en igual proporción. El estudiante puede aprender mucho sobre la recopilación de las ideas preliminares que influirán su diseño si efectúa encuestas de opinión entre sus compañeros de clase o consumidores locales. Aprenderá a ser sensible a las necesidades del mercado para el cual está diseñando.

4-6 SESIONES DE INTERCAMBIO DE IDEAS

Las sesiones de intercambio de ideas son una forma de ideación de grupo (proceso de recopilación de ideas) que fue desarrollada en la industria de publicidad y ahora la emplean extensamente muchos otros grupos que necesitan resolver problemas. La sesiones de intercambio de ideas se definen como: «Práctica de una técnica de conferencia en la cual un grupo trata de encontrar la solución de un problema específico, reuniendo todas las ideas espontáneamente producidas por sus miembros». Esta técnica de recopilación no debe entenderse como medio de obtener un fin, sino como medio de acumular posibles ideas que posteriormente se estudiarán. Esta técnica se emplea para tomar ventaja de la combinación de ideas de un grupo de gentes. Aunque comúnmente se está de acuerdo en que un grupo tiene más ideas que un individuo, generalmente, es difícil para mucha gente producir ideas con algún grado de originalidad. La naturaleza humana tiende a ser analítica y recelosa

de toda idea y el resultado total es una actitud negativa hacia las ideas no corrientes.

Reglas de las sesiones. Estas sesiones difieren de una conferencia convencional en que no se presta atención al análisis de las ideas que se están expresando. Por el contrario, se elabora una lista de breves ideas espontáneas y su evaluación sólo se hace más tarde. Cualquier discusión sobre el mérito de una idea romperá el flujo de pensamientos y como consecuencia el grupo virará hacia la forma convencional de una conferencia. Los participantes en una sesión de intercambio de ideas deben adherirse a las limitaciones básicas que se han establecido a través de la experiencia e investigación. Ninguna sesión de este tipo podrá llevarse a cabo si los miembros no comprenden las siguientes reglas:*

1) *No debe haber crítica*. La evaluación adversa de las ideas se llevará a cabo más tarde.
2) *La divagación libre es deseable*. Mientras más descabellada sea la idea, mejor.
3) *Se desea cantidad*. Mientras mayor sea el número de ideas, más probabilidad hay de encontrar ideas útiles.
4) *Se busca mejora y combinación de esfuerzos*. Los participantes deben buscar a todo trance mejorar las ideas de los demás.

Organización de una sesión de intercambio de ideas. La organización de una de estas sesiones deberá dividirse en las siguientes partes: 1) selección del grupo, 2) grupo preliminar de trabajo, 3) selección de un moderador anotador, 4) sesión de ideas y 5) continuación. Cada una de estas etapas es necesaria para la efectividad de este proceso de grupo, aun cuando hay diferentes maneras para completar las etapas.

El grupo participante puede variar desde dos o tres personas que trabajan juntas en un proyecto hasta 100 ó más. El número óptimo generalmente aceptado es de 12 personas. Para llegar a una variedad de ideas, el grupo debe estar compuesto tanto de gente con experiencia en el área que se va a innovar como de gente con poca experiencia. Los supervisores y empleados superiores frecuentemente restringen el flujo de ideas; por tanto, es aconsejable que el grupo esté formado por gentes del mismo rango o status profesional. Es también importante que los miembros estén en libertad de ofrecer cualquier idea sin temor a ser juzgados. La presencia de este temor puede acabar con el propósito primario de esta sesión.

Los conocimientos preliminares son importantes en la preparación de los participantes de la sesión. Es una buena ayuda el que el director prepare una guía de una página con información general relacionada con la sesión de intercambio de ideas y suministre copias a los miembros del grupo unos dos días antes de la sesión. Esto permitirá «incubar» ideas durante un corto período de tiempo y producir una más fructífera colección de ideas. En esta hoja se deben incluir las reglas de la sesión de intercambio de ideas en caso de que alguno de los participantes no esté familiarizado con este proceso. El problema que se va a discutir deberá estar clara y concisamente definido. El problema debe reducirse a términos sencillos y algo específicos. Por ejemplo, en vez de presentar el problema «Cómo mejorar nuestra universidad», es mejor dividirlo en varios componentes específicos: «Cómo mejorar la instrucción» o «Cómo mejorar el sistema de estacionamiento». Una breve lista de temas de este tipo ayudará a eliminar frustración y orientará al grupo hacia los problemas pertinentes en vez de quedarse en términos generales.

El grupo seleccionará un anotador y un moderador que tenga a su cargo la sesión. En algunos casos, el moderador (o director) seleccionará el grupo cuando necesite ideas para resolver un problema suyo. En otros casos, un equipo de individuos que trabajen juntos en un proyecto común puede decidir que una sesión de intercambio de ideas les sería útil, y, como resultado, seleccionen a un miembro del grupo como director. Este, generalmente,

* Osborn, Alex J., *Applied Imagination*. Nueva York: Scribner, 1963, pág. 156.

es responsable de elaborar la hoja de información general y de hacer arreglos para la sesión. Deberá estar seguro de que la sesión se ajuste a las limitaciones de una sesión de intercambio de ideas. El anotador deberá elaborar una lista de ideas, tal como sean dadas en la sesión; la lista se reproducirá y repartirá más tarde entre los participantes.

La sesión debe mantenerse en una atmósfera confortable e informal. El director debe empezar por revisar brevemente los problemas que se van a discutir. Esto puede conducir a sesiones de preguntas y respuestas que pueden servir tanto para caldear a los miembros del grupo como para familiarizarlos más con el problema. El director debe revisar las cuatro limitaciones básicas e insistir para que se respeten durante toda la sesión. Deberá hacer hincapié en que toda evaluación de ideas debe posponerse.

El director expondrá el primer problema y dará la palabra a la primera persona que, levantando la mano, indique que tiene una idea; ésta hablará con tan pocas palabras como le sea posible para comunicar sus ideas; luego, dará la palabra a la segunda persona que levante la mano y se continúa el proceso de esta manera. Es conveniente que cualquier sugerencia de un miembro pueda estimular una idea en otro miembro del grupo. En este caso, añadirá algo a la idea, suplementándola con una de su propiedad. Cualquier miembro del grupo que desee añadir algo a una idea deberá levantar la mano y castañetear con los dedos, indicando con esto al director que tiene prioridad en el uso de la palabra. El añadir algo a una idea puede producir una reacción en cadena de desarrollos de un mismo concepto. El director debe ser sensible al flujo de ideas. Cuando éstas acaben, deberá alternar problemas para provocar un nuevo flujo de ideas. Debe desalentar a los miembros de discusiones lentas y otras distracciones que vayan en detrimento de la sesión.

La sesión debe transcurrir a ritmo veloz pero asimismo debe ser suspendida de inmediato cuando las ideas sean poco ingeniosas e improductivas y una vez que se hayan explotado al máximo todos los aspectos del problema. La duración de una sesión efectiva puede fluctuar entre sólo unos pocos minutos y una hora. Sin embargo, la duración más apropiada para la mayoría de las sesiones es entre 20 y 30 minutos.

El anotador da el siguiente paso, reproduciendo la lista de ideas acumuladas durante la reunión y distribuyéndola entre los participantes. En una sesión de 25 minutos deben obtenerse aproximadamente 100 ideas. Estas ideas deben ser estudiadas con detenimiento para considerar su posible aplicación al problema propuesto. La persona que revisa una lista de ideas de una sesión de intercambio de ideas, debe ser muy cuidadosa al examinarlas, para no pasar por alto posibles soluciones que puedan parecer exageradas a primera vista. Entonces deberán eliminarse ideas de la lista, poco a poco, hasta dejar tan sólo las que se estime que tienen más mérito; éstas serán probablemente 10 ó 12, las cuales se analizarán detenidamente para estudiar la conveniencia de su aplicación.

Temas por discutir. La técnica de intercambio de ideas es un suplemento del proceso de pensamiento individual y no debe considerarse como un medio de resolver problemas; es únicamente un medio efectivo de recopilar ideas y estimular los esfuerzos de un grupo hacia la solución de un problema. El intercambio de ideas puede emplearse para encontrar posibles soluciones de un problema o para identificar problemas que necesiten solución. Un intento de resolución de un problema puede limitarse a la modificación de un producto actual tal que mejore su función y sea atractivo en el mercado. El mismo método puede aplicarse fácilmente a la determinación de áreas de necesidad de nuevos productos no disponibles en el mercado.

Aplicando las técnicas del intercambio de ideas, un grupo de alumnos puede fácilmente reunir una larga lista de ideas para proyectos de diseño que pueden ser resueltos por equipos o individuos. El profesor puede, de una manera provechosa, servir de director de la primera sesión para iniciar a sus alumnos en este proceso. Los problemas tratados pueden

limitarse sólo a las necesidades de la universidad o pueden extenderse a otros campos. El profesor debe revisar las limitaciones y los propósitos de la innovación durante el período anterior a la sesión. Deberá entregarse a los estudiantes una hoja con los límites generales de las áreas que incluye el problema por resolver. Las ideas por discutir pueden ser del siguiente tipo.

1) Métodos para mejorar el ambiente de estudio.
2) Necesidad de los sitios de recreo.
3) Problemas de movilización de personal y de vehículos en la universidad.
4) Fallas en las aulas.

Las ideas referentes a estos temas pueden sugerir la necesidad de nuevos productos o aparatos y sistemas o de la modificación de los diseños existentes. Los proyectos de diseño para trabajos de clase pueden escogerse de estas ideas, que deberán ser lo suficientemente sencillas para que se adapten al horario y tiempo disponible por el estudiante sin forzarlo. Es preferible solucionar problemas cortos desde el principio hasta el fin a tratar de manejar proyectos complejos que no pueden terminarse dentro del tiempo disponible y las capacidades del estudiante.

Los equipos de estudiantes pueden emplear provechosamente el intercambio de ideas para ayudarse en la resolución de los proyectos que han seleccionado o les han sido asignados. Un grupo de tres o cuatro estudiantes puede seguir el mismo procedimiento que un grupo más nutrido. Los grupos de estudiantes pueden trabajar cada uno en el desarrollo de su lista de ideas, haciendo bosquejos de cada sugerencia que parezca tener importancia. Los bosquejos les ayudarán en su proceso de pensamiento y creatividad y harán que las discusiones en grupo sean más productivas.

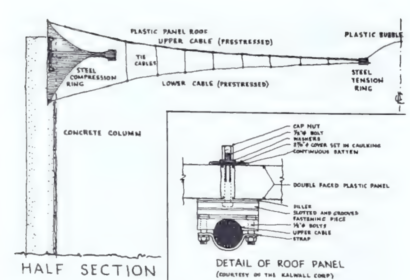
4-7 DOCUMENTACION DE IDEAS

El diseñador debe esforzarse en guardar todos sus bosquejos preliminares y notas, como se recalcó en la sección 3-2. Las ideas preliminares son importantes para la documentación de prioridad en el caso de patentes. En consecuencia, deberá usarse un formato patrón para hojas de diseño como el mostrado en el capítulo 3 para la tabulación de las ideas preliminares; cada hoja debe ir fechada y con suficiente información.

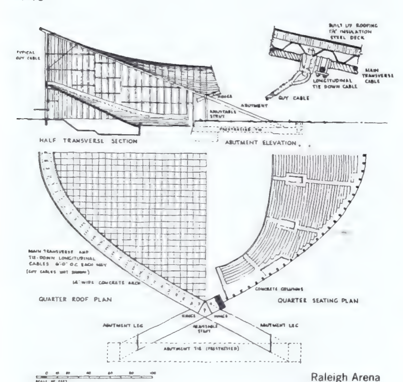
Los bosquejos son la herramienta vital del diseñador en el desarrollo de las ideas preliminares; estos pueden ser de perspectivas o de planos de trabajo, elaborados sin gran cuidado. Las figs. 4-13 y 4-14 son bosquejos que se emplearon para desarrollar conceptos estructurales con notas y detalles que explican puntos importantes. El bosquejo de la cercha tridimensional de la fig. 4-15 combina dibujos de vistas y perspectivas para explicar el sistema. Los principios de los planos de trabajo que se verán en detalle en el capítulo 5, ayudarán al diseñador a preparar los bosquejos durante su proceso de diseño.

La fig. 4-16 muestra bosquejos que se utilizaron para desarrollar diseños preliminares de un espejo retrovisor para automóvil. Los bosquejos en perspectiva pueden elaborarse fácilmente después de revisar los principios del capítulo 16 para la confección de este tipo de dibujos.

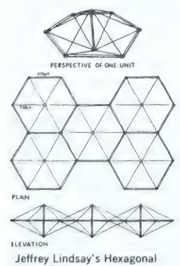
La vivienda transportable de la fig. 4-17 ilustra la importancia de los bosquejos para desarrollar y comunicar ideas complicadas. Estos bosquejos representan ideas preliminares para la unidad automática que puede ser una realidad en 1985. Esta unidad puede ser transportada a regiones aisladas por medio de un helicóptero. Tiene patas plegables montadas sobre flotadores que permiten su desplazamiento sobre el agua. Posee facilidades especiales para acomodar hasta seis personas; tiene espacio para almacenar víveres para dos semanas y para enseres; una unidad convertidora y un tanque suministran agua para beber; posee servicio de baño y sanitario; una unidad de potencia solar suministra electricidad para estufas, aire acondicionado, refrigeración, dos radios y un televisor. Todas estas ideas pueden indicarse en los bosquejos por medio de notas, a medida que se presentan las ideas. Las perspectivas y dibujos en vistas deben emplearse combinados para describir un sistema comple-



4-13



4-14



4-15

Fig. 4-13. Bosquejos empleados para mostrar detalles estructurales de una cubierta.

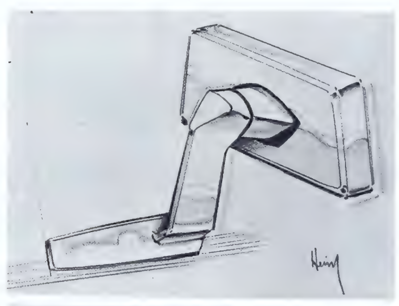
Fig. 4-14. Estos bosquejos son vistas ortogonales que muestran la idea de una estructura.

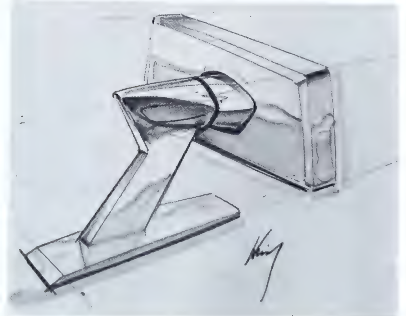
Fig. 4-15. Estos bosquejos se emplean con eficiencia para mostrar una cercha tridimensional usada en sistemas estructurales. (Cortesía, con las dos figuras anteriores, de U. S. Steel Corporation y H. S. Howard Jr.)

Fig. 4-16. Bosquejos preliminares del diseño de un espejo retrovisor. (Cortesía de Ford Motor Company.)

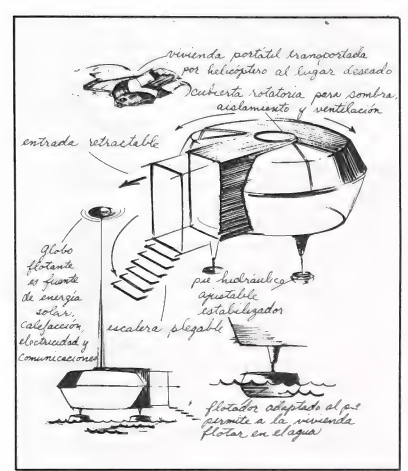
Fig. 4-17. Bosquejos preliminares de una vivienda transportable para el futuro. (Cortesía de Lippincott and Margulier, Inc., y Charles Bruning Company.)

Fig. 4-18. La idea de una unidad automática de registro y empaque se ilustra con una serie de bosquejos. (Cortesía de Lester Beall, Inc., y Charles Bruning Company.)

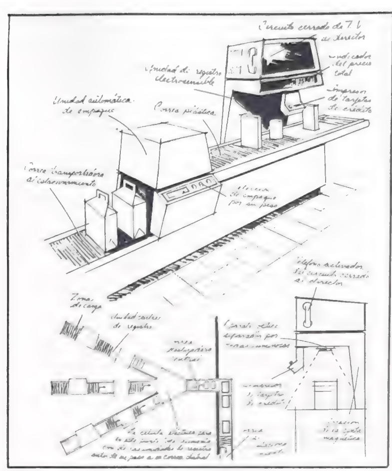




4-16



4-17



4-18

to. Sería imposible comunicar y desarrollar las ideas anteriores sin el auxilio de los bosquejos y principios gráficos.

Un ejemplo parecido del uso de los bosquejos para desarrollar un concepto nuevo se ilustra en la fig. 4-18 en donde se utilizan perspectivas y esquemas para transmitir la idea. Este diseño implica un concepto total de sistemas que podría cambiar mucho el método corriente de registrar y empacar artículos en un supermercado. El comprador pone a funcionar la máquina, insertando su tarjeta de crédito. Una vez revisada (y aprobada) la tarjeta, el comprador recibe una ficha numerada y el transportador empieza a moverse. El sensor óptico contabiliza la mercancía a su paso. Si el cliente tiene alguna inquietud sobre sus compras, puede parar la máquina y comunicarse por medio de un circuito de T. V. con el personal del supermercado. Los artículos ya contabilizados se transportan directamente a la unidad de empaque, en donde se disponen en bolsas plásticas marcadas con el número del cliente. Allí el comprador puede recoger su pedido si es pequeño, o puede dejar que un transportador lo conduzca a un lugar exterior de recibo.

Aunque pueden surgir muchos interrogantes en cuanto a detalles específicos, los bosquejos en estos dos ejemplos son suficientes para explicar las ideas del diseñador. Aparte del aspecto de comunicaciones, sirvieron para elaborar las relaciones entre los componentes y la configuración del sistema. Los bosquejos son un medio necesario en el diseño y desarrollo de soluciones creativas.

4-8 PROBLEMA DE SISTEMAS—IDEAS PRELIMINARES

Para ilustrar los métodos gráficos de desarrollo y comunicación de ideas preliminares, se usará el problema de ejemplo enunciado en la sección 2-4 e identificado en la sección 3-4.

Problema de sistemas. Seleccione un edificio de su universidad que necesite un estacionamiento apropiado para la gente que lo ocupa. Puede ser un edificio de residencias estudiantiles, administrativo o de aulas. Diseñe la combinación de sistemas de tráfico y esta-

cionamiento adecuado para las necesidades de ese edificio. La solución de este problema debe considerar las limitaciones, los reglamentos y las normas de su universidad para que sea realista.

Las ideas preliminares se enumeran y bosquejan en hojas de trabajo según el formato de la sección 3-2. Estas hojas formarán parte de la serie acumulada de hojas de trabajo y, por tanto, deberán numerarse correspondientemente. La última hoja de trabajo en esta serie, estudiada en el capítulo 3, fue la número 3; por lo tanto, la hoja de ideas preliminares llevará el número 4 (fig. 4-19). Se utiliza la misma información en el encabezamiento de la hoja, para identificarla y para facilitar la determinación del tiempo transcurrido entre hojas.

Las ideas, anotaciones y los bosquejos se dibujan con un lápiz F o HB, empleando la cuadrícula como escala aproximada. Es inútil tratar de obtener dibujos lujosamente elaborados, ya que lo importante es hacer los bosquejos rápidamente para mantener el ritmo de la concepción de ideas. Es importante que los bosquejos y anotaciones sean suficientemente legibles para presentar las ideas en forma clara, especialmente después de transcurridos varios días o semanas. El propósito de este procedimiento es retener las ideas desarrollables antes de que se olviden.

Las anotaciones referentes a cada plano se escriben a medida que se van desarrollando. En este caso, las notas suministran informaciones tales como dimensiones generales del área propuesta y estimativos del número de ocupantes. Los espacios de estacionamiento se dibujan a escala pero no necesariamente deben sumarse al número propuesto. El número real de espacios se anota en los dibujos. El trazado de los espacios proporciona una forma rápida

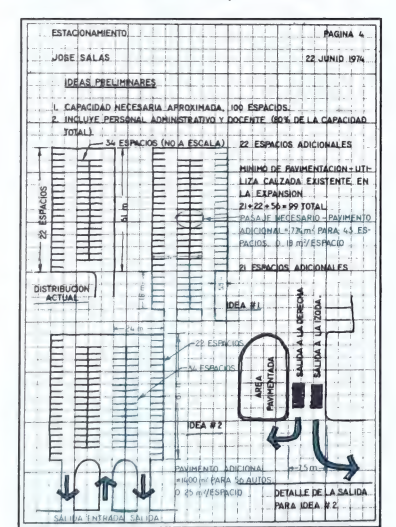


Fig. 4-19. Esta hoja de trabajo se utiliza para desarrollar ideas preliminares en un problema de sistemas. En esta etapa, todo el trabajo es a mano alzada.

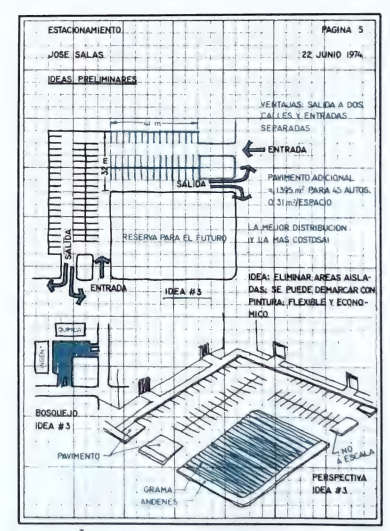


Fig. 4-20. Segunda hoja de trabajo para el desarrollo de la tercera idea preliminar del problema del sistema de estacionamiento.

de indicar el aspecto general del estacionamiento. El número real de espacios se puede determinar matemáticamente. Algunos detalles importantes pueden ampliarse en bosquejos separados que indiquen su función; un ejemplo es el detalle de la salida que se muestra en la fig. 4-19.

La segunda hoja de trabajo de ideas preliminares (fig. 4-20) desarrolla un tercer concepto. La idea se presenta con un bosquejo y una perspectiva que muestren la distribución del estacionamiento y su localización con respecto a los edificios. Cada una de estas tres ideas se evalúa según el área pavimentada por auto que debe añadirse al lote actual. Esta relación varía desde 18 m^2 en la idea núm. 1 hasta 31 m^2 en la idea núm. 3. Esta relación será un factor definitivo en los costos de construcción. En las hojas de trabajo, estas notas se hacen resaltar. Las notas en color indican un énfasis especial en cierto punto o la evaluación de una idea y se añaden generalmente cuando todas las ideas se han expuesto y el diseñador revisa cada concepto.

El trazado de las líneas en los bosquejos debe ser uniforme y preciso. Las líneas suaves deben evitarse pues dificultan la lectura. Estos bosquejos a menudo se pasan al dibujante para que elabore dibujos a escala, lo cual requiere que el diseñador le proporcione esquemas legibles que le comuniquen la idea con exactitud. En el capítulo 5 se presenta información más específica acerca de los detalles mecánicos de dibujo y las técnicas de bosquejo.

Los dos ejemplos de hojas de trabajo ilustrados en las figs. 4-19 y 4-20 no representan la totalidad de las ideas preliminares necesarias en un proyecto de este tipo. Estos son apenas ejemplos que ilustran los pasos iniciales en la familiarización con el problema. Aún resta trabajar en las áreas de andenes, señales de tránsito, circulación y otras consideraciones análogas. En estos ejemplos, el trabajo se concentró en la distribución del estacionamiento sin prestar mayor atención a los factores mencionados previamente. El diseñador, al elaborar ideas preliminares, está realmente comunicándose consigo mismo por medio de las hojas de trabajo.

4-9 DISEÑO DE PRODUCTOS—IDEAS PRELIMINARES

El problema de diseño de un producto—la silla para cazar desde los árboles—enunciado en el capítulo 3 servirá para llevar a cabo la segunda fase del proceso de diseño, en donde se desarrollan las ideas preliminares. En el método de presentación, este ejemplo es algo parecido al de sistemas estudiado en la sección anterior. Sin embargo, se pone más énfasis en el diseño de los elementos que en el desarrollo de conceptos como en el problema de sistemas. El problema de la silla de cacería dice así:

Problema de la silla de cacería. Muchos cazadores, especialmente de venado, cazan desde los árboles para obtener cierta ventaja. El estar sentado en un árbol durante varias horas puede resultar incómodo y peligroso para el cazador; esto sugiere la necesidad de una silla de cacería que corrija esta situación. Diseñe una silla que acomode al cazador en forma segura mientras permanece en el árbol, sin olvidar los requisitos de costo y las limitaciones del cazador.

Se utiliza una hoja de trabajo para continuar la secuencia de diseño iniciada en la sección 3-5. La fig. 4-21 muestra la página 4 de esta serie de hojas de trabajo. El diseñador escribe nombre, título del proyecto, número de la página y demás información descriptiva en el encabezamiento de la hoja. Las ideas se bosquejan a mano alzada en perspectivas y/o en vistas planas acompañadas de notas suplementarias. Las ideas o preguntas que ocurran durante el proceso de ideación se anotan en los dibujos. Las letras y bosquejos no necesitan estar cuidadosamente elaborados o detallados, pero sí ser claros y rápidos.

Cada idea recibe un número que identifica el concepto. Las tres ideas de la fig. 4-21 varían desde el diseño que ata la silla al tronco hasta el que la suspende de una rama del árbol. La segunda hoja de trabajo, fig. 4-22, presenta una vista lateral de una cuarta idea. La idea núm. 2 sufre una modificación en esta hoja: se incluye un estribo y se ilustra el método de estabilización de la silla suspen-

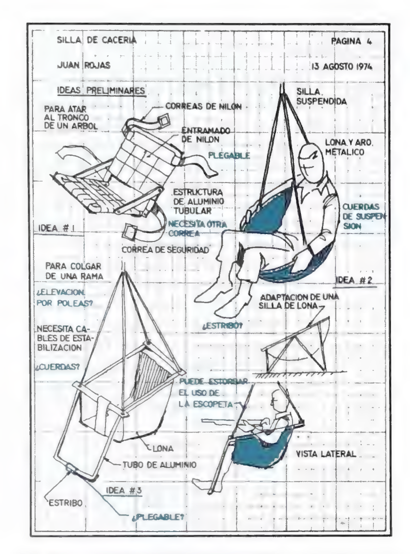


Fig. 4-21. Las ideas preliminares en el diseño de un producto. Las anotaciones y los bosquejos ayudan a archivar ideas.

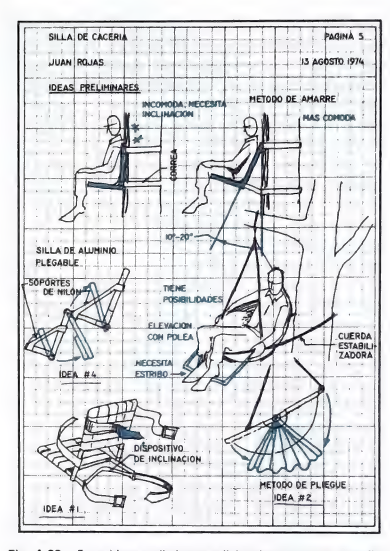


Fig. 4-22. Estas ideas preliminares adicionales se anotan para ilustrar conceptos de diseño para la silla de cacería.

dida. En la parte superior de la hoja se identifica el problema de inclinación de la silla para obtener máxima comodidad. Entonces se modifica la idea núm. 1, adicionando un elemento en V para anclaje e inclinación de la silla.

Otras ideas de este tipo requieren elaboración para profundizar su estudio antes de intentar su perfeccionamiento. Estas dos hojas de trabajo son una muestra de las ideas iniciales que pueden considerarse, pero se deben incluir muchas más antes de dar por terminada la etapa de ideas preliminares. En este punto no se descarta ninguna idea; todas deben permanecer en el archivo de hojas de trabajo.

Después de bosquejar cierto número de ideas preliminares, viene la evaluación de ventajas e inconvenientes y la adición de notas explicatorias. Estas notas son más efectivas si se escriben con lápiz de color, de manera que se distingan las dos fases de esta etapa. Las marcas de colores también se pueden utilizar para indicar puntos específicos de importancia que no deban pasarse por alto. Las modificaciones del diseño inicial también pueden bosquejarse a colores para indicar que se trata de una idea posterior. Puesto que en los ejemplos se dibuja al cazador en varios diseños, no hay necesidad de acotamientos, pues las dimensiones del cuerpo sirven como escala relativa.

4-10 TECNICAS PARA BOSQUEJAR

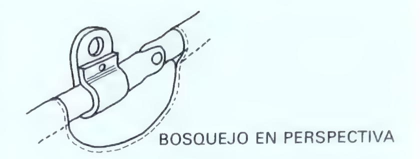
El dibujo a mano alzada es una herramienta de gran utilidad para el diseñador o ingeniero. Esta habilidad le capacita para confeccionar dibujos rápidos que puedan entregarse a la sección de dibujo para la elaboración de planos a escala. El ingeniero se responsabiliza de la revisión de los dibujos terminados, de las

modificaciones necesarias y de la aprobación o el rechazo del trabajo. Por medio de bosquejos, el ingeniero trabaja con mayor eficiencia y a la vez saca mayor provecho de la sección de dibujo. El ingeniero, por lo general, no tiene tiempo para elaborar planos detallados de proyectos rutinarios pero en algunas ocasiones puede ser conveniente que prepare sus propios dibujos a escala a partir de sus bosquejos, en vez de delegar esta responsabilidad en el dibujante. Este caso se puede presentar durante el desarrollo de un concepto complicado y difícil de explicar a menos que se disponga de dibujos completos. También puede ser indispensable perfeccionar el diseño mientras se está dibujando. Los bosquejos de la NASA presentados en el capítulo 2 son aplicaciones típicas de la técnica de dibujo a mano alzada para el desarrollo de diseños avanzados.

La fig. 4-23 muestra el bosquejo de una abrazadera utilizada para atar la cuerda de suspensión de la silla de la fig. 4-22. Esta es una ilustración de las técnicas de bosquejo en la elaboración de las vistas ortogonales y perspectiva de un elemento. Todo el bosquejo se puede dibujar con un lápiz semiduro (F, HB o B). La dureza apropiada del lápiz depende de la calidad del papel y de las preferencias individuales. En la figura también se indican los tipos fundamentales de líneas utilizadas en dibujo. Las líneas de contorno son las más gruesas y las invisibles ligeramente delgadas. El espesor de las líneas depende del afilado del lápiz.

El defecto más común en los bosquejos es la tendencia a hacer los dibujos muy pequeños y apiñados. Es importante que los bosquejos sean suficientemente grandes para ilustrar los detalles más pequeños del elemento dibujado. Si el bosquejo es muy pequeño, pierde su valor, pues no se pueden apreciar los detalles, disminuyendo así la efectividad del bosquejo como medio de comunicación. Los bosquejos deben ser bien proporcionados pero no necesariamente a escala. El dibujo debe comprender todo el espacio disponible.

La fig. 4-24 presenta un bosquejo de las vistas ortogonales y perspectiva de un objeto. La vista de frente es generalmente la más



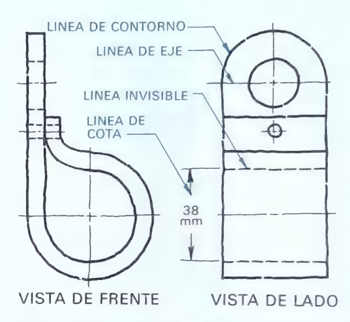


Fig. 4-23. Ejemplo de un bosquejo de vistas múltiples utilizado para representar un detalle de diseño. Se indican los tipos fundamentales de líneas.

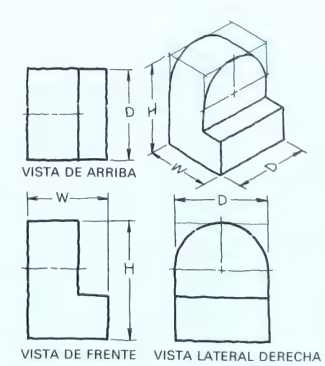


Fig. 4-24. Bosquejos de las vistas y perspectiva de un objeto.

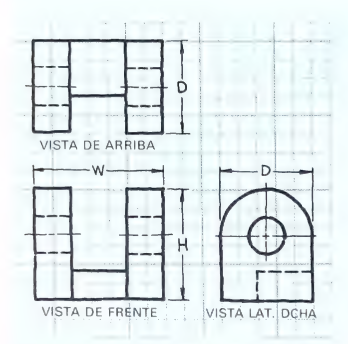


Fig. 4-25. Bosquejo de las vistas y perspectiva de un objeto dibujado en papel cuadriculado.

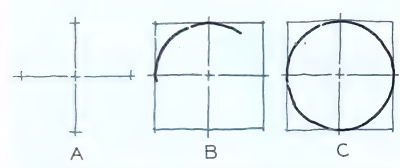


Fig. 4-26. Pasos sucesivos en el dibujo de un círculo a mano alzada.

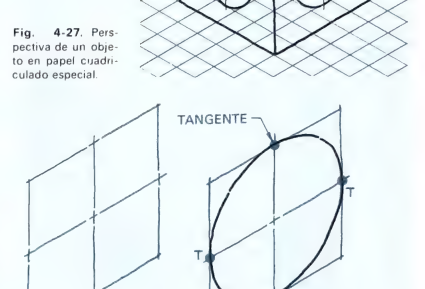


Fig. 4-27. Perspectiva de un objeto en papel cuadriculado especial.

Fig. 4-28. Bosquejo de la perspectiva de un círculo por medio de líneas de guía.

descriptiva o la que más se asocia con el frente del objeto. La vista de arriba se dibuja sobre la de frente y la lateral derecha a la derecha de la de frente. Nótese la localización de las dimensiones altura (H), anchura (W) y profundidad (D). Las líneas de eje se utilizan para complementar las vistas que describen la parte cilíndrica del objeto. Estas tres vistas se denominan *vistas ortogonales* y serán el tema del capítulo 5. Cada vista recibe su nombre. Estos bosquejos de vistas múltiples se facilitan mucho utilizando papel cuadriculado, en el cual se simplifican las proyecciones de una vista a otra (fig. 4-25). La cuadrícula también sirve para proporcionar el dibujo, utilizándola como escala aproximada.

A los principiantes les resulta difícil a menudo trazar círculos con cierto grado de precisión; en este caso es conveniente utilizar líneas de guía (fig. 4-26). Se trazan un par de ejes perpendiculares a través del centro y, a partir de éste, se marca el medio sobre cada línea (parte A). Luego se dibuja un cuadrado por estos cuatro puntos, que serán puntos de tangencia del círculo (parte B), y en seguida se traza el círculo por estos puntos (parte C). El resultado es un círculo bastante aproximado.

Las perspectivas se pueden trazar en papel de cuadrícula especial como el que se muestra en la fig. 4-27 o dibujando los ejes principales del objeto a 120°. Los agujeros circulares en las tres caras principales del cubo aparecen como elipses, puesto que las líneas de vista no son perpendiculares a estos planos, lo que produce una forma distorsionada. El método de bosquejar las vistas de círculos cuando aparecen como elipses se ve en la fig. 4-28.

Se dibujan ejes paralelos a los lados del plano del círculo (parte A). Sobre cada línea se mide el radio del círculo y se traza un rombo a través de estos cuatro puntos. El rombo establece los cuatro puntos de tangencia por los cuales se traza la elipse (parte B), dándole al círculo su representación en perspectiva.

La fig. 4-29 muestra la perspectiva de un objeto dibujado en cuadrícula especial. En este caso, la proporción del dibujo se logra contando el número de rombos paralelos a las líneas de guía. El trazado de estas perspectivas se facilita si se dibujan a partir de un paralelepípedo de dimensiones iguales a las globales del objeto. Luego se remueven porciones del paralelepípedo hasta lograr la perspectiva deseada.

En algunos casos, los bosquejos se pueden utilizar como planos de trabajo, eliminando así el tiempo de dibujo. Esto es posible cuando el diseño es simple o cuando se trata de una modificación de una parte existente. Sin embargo, la elaboración de dibujos a escala puede ser indispensable para perfeccionar el diseño o para comprobar dimensiones que podrían descuidarse en el bosquejo. El ingeniero o diseñador debe desarrollar una técnica de bosquejo que le permita dibujar con rapidez, proporción y exactitud.

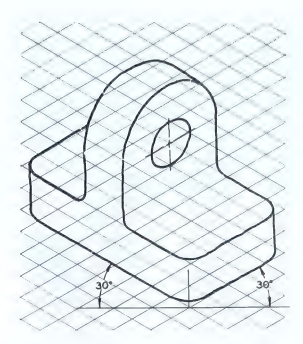


Fig. 4-29. Perspectiva a mano alzada en papel especial.

4-11 RESUMEN

La acumulación de ideas preliminares es la fase más creativa y menos restringida de todo el proceso de diseño. Los métodos gráficos son las herramientas más comúnmente utilizadas en el desarrollo y registro de ideas, bien sea que el diseñador trabaje independientemente o como miembro de un equipo de diseño. Los métodos de investigación se emplean para revisar el estado actual del problema y así evitar desperdicio de tiempo en ideas existentes.

Las sesiones de intercambio de ideas pueden ser un medio efectivo de recoger las ideas de un grupo interesado en la solución del problema. Puede ser que este método no sirva para resolver completamente el problema, pero sí puede ofrecer nuevas posibilidades. Las ideas presentadas o desarrolladas deben registrarse y documentarse por medio de notas y bosquejos. Las ideas preliminares deben conservarse en el archivo permanente del diseñador para que se puedan utilizar como referencias más tarde para la posible incorporación de las ideas en un diseño relacionado. Estos bosquejos se pueden emplear para documentar una idea patentable y, si se fechan todas las hojas y otras informaciones importantes incluidas, servirán para establecer prioridad de derechos.

El diseñador encontrará que es virtualmente imposible diseñar sin la ayuda de las técnicas gráficas y en particular del bosquejo. Los bosquejos son no sólo el medio más efectivo de comunicar ideas, sino que constituyen el mejor método para desarrollar una idea hasta un estado aceptable. El diseñador utiliza los bosquejos como medio para comunicarse consigo mismo y perfeccionar sus ideas.

En el capítulo 5, se estudiarán varios aspectos de la preparación de los planos de trabajo que también son aplicables a la técnica del bosquejo, lo cual significa que los principios utilizados para los planos de trabajo se aplican igualmente a los bosquejos. En algunos casos el bosquejo servirá como plano de trabajo para fabricar la parte bosquejada.

PROBLEMAS

Estos problemas deben presentarse en papel blanco o cuadriculado de 21 × 28 cm, según el formato de la sección 1-19. Todas las notas, los bosquejos, dibujos y trabajos gráficos deben presentarse en forma clara y de acuerdo con las prácticas introducidas en este libro. Los escritos deben hacerse utilizando letra de 3 mm y líneas de guía.

1. Suponga que a usted se le ha dado acceso a uno de los siguientes artículos. Seleccione alguno o algunos y liste sus posibles usos. Busque aplicaciones especiales y poco corrientes.

Tarros vacíos de conservas (diámetro 75 mm, altura 125 mm), 2.000 hojas de papel bond de 21 × 28 cm, 1 m^3 de barro, tres canecas vacías de aceite (diámetro 60 cm, altura 90 cm), una carga de empaques para huevos, 25 postes de bambú (longitud 5 m), 10 llantas viejas, periódicos viejos.

2. Si usted debiera seleccionar un equipo para desarrollar un problema de ingeniería, ¿qué características buscaría más? Haga una lista de estas características con sus explicaciones. Escriba su respuesta.

3. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de trabajar independientemente en un proyecto? ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de trabajar como miembro de un equipo? Haga una lista de sus razones y dé ejemplos de tipos de problemas en que sea ventajoso cada tratamiento.

4. Haga una breve investigación de materiales que pueda encontrar para acumular la información necesaria en los siguientes problemas de diseño o en uno escogido por usted mismo. Debe averiguar sobre costos, métodos de construcción, dimensiones, modelos existentes, estimación de necesidades y además información general que le pueda ayudar a entender el problema y decidir si es o no es posible el proyecto. Liste las referencias usadas. Haga un informe que pueda ser revisado por su profesor.

Una canoa monoplaza, un gato para automóvil, un borrador automático de tableros, una cafetera para automóvil, una puerta automática que permita a un animal doméstico entrar o salir de la casa, una salida de emergencia para incendios en un edificio de dos plantas, un protector contra lluvia para espectadores de encuentros deportivos, un nuevo objeto de uso doméstico, un aparato para hacer ejercicios en casa.

5. Liste y describa el tipo de servicios de consultoría de ingenieros o de nivel profesional necesarios en los siguientes proyectos de diseño:

Un sistema de zonificación para una ciudad de 20.000 habitantes, el desarrollo de un centro comercial, un «kart», una planta para purificación de agua, un sistema hidroeléctrico, un plan de refugios antinucleares, una planta de procesamiento para refinación de productos del petróleo, un sistema de cañerías para áreas residenciales y rurales.

6. Desarrolle un cuestionario que pueda darse al público en general y que determine su actitud hacia un producto en especial. Seleccione un producto y prepare un cuestionario para evaluar las respuestas. El cuestionario deberá ser simple y breve y tendrá muchas preguntas de respuestas múltiples con un mínimo de preguntas subjetivas. Indique cómo tabularía la información recibida de los cuestionarios.

7. Una sesión de intercambio de ideas es una manera de desatar la imaginación y de liberar ideas latentes. Después de repasar las técnicas de la sesión de intercambio de ideas, empezando en la sección 4-6, organice un grupo para innovar un problema escogido o para encontrar un problema que requiera solución. Liste todas las ideas a medida que sean sugeridas. Escriba un breve informe de los resultados de la sesión.

8. Escoja un problema de sistemas parecido al estudiado en la sección 4-8 y bosqueje ideas que puedan mejorar la situación existente. Puede ser una intersección de tránsito en

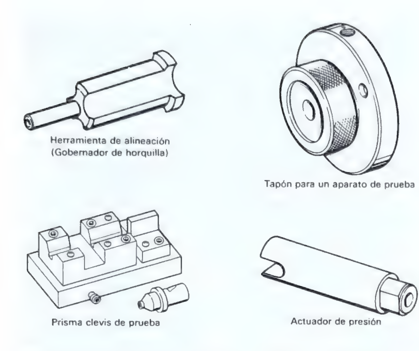


Fig. 4-30. Herramientas de ensamble y ajuste. (Cortesía de The Bendix Corporation.)

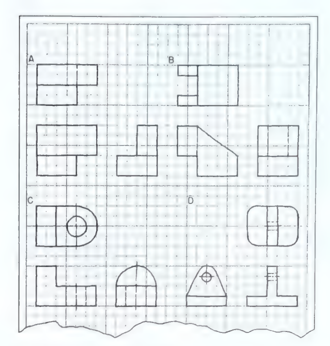


Fig. 4-31. Bosquejos de vistas principales.

su universidad, un área donde el tránsito de peatones se congestione durante los intermedios de clases, mejoramiento del sistema de la cafetería o del sistema de la biblioteca de su universidad, u otro problema de este tipo. Siga el formato general indicado en las figs. 4-19 y 4-20.

9. Prepare bosquejos preliminares y notas sobre ideas para desarrollar los problemas que parezcan de sistemas y que se identificaron en el capítulo 3 (problemas 12 a 16).

10. Seleccione un problema de diseño de un producto parecido al de la sección 4-9 y bosqueje ideas generales que puedan ser soluciones posibles del problema. Algunos ejemplos de problemas son: un asiento para estadio, acople para remolque, manija para gabinete, varilla portátil para colgar vestidos instalable en un armario u otros productos de esta especie.

11. Prepare bosquejos y notas preliminares para desarrollar los diseños de los productos que se identificaron en los problemas 6 a 9 del capítulo 3.

12. Siguiendo los procedimientos de la sección 4-10 y los del capítulo 5 cuando sea necesario, haga los bosquejos de las tres vistas ortogonales de las partes mostradas en la figura 4-30. Estos dibujos de vistas múltiples deberán hacerse a mano alzada, conservando las proporciones de los objetos, pero despreciando sus dimensiones. Los bosquejos pueden hacerse en papel blanco o cuadriculado. Repase la fig. 4-23 para ver los gruesos de las líneas y las técnicas de dibujo. Indique todas las dimensiones —D, W y H— empleando estas letras como en la fig. 4-25. Nota: las partes de un conjunto deben dibujarse por separado.

13. Haga bosquejos de las perspectivas de los dibujos en vistas principales de la figura 4-31. Esfuércese en la representación exacta de las proporciones, pero no haga medidas con aparatos de ningún tipo.



5
NORMAS DEL DIBUJO DE INGENIERIA

5-1 GENERALIDADES

En el capítulo 4 se puso énfasis en la importancia de los bosquejos para el desarrollo de las ideas preliminares durante el proceso de diseño. Los bosquejos pueden ser de perspectivas, de proyecciones ortogonales o de esquemas, de tal manera que suministren una comunicación efectiva de los pensamientos del diseñador. A medida que los diseños preliminares se van perfeccionando para permitir la representación en detalle de sus partes componentes, es conveniente bosquejar estas partes en su forma definitiva para poder dibujar los planos de trabajo a partir de los cuales se van a fabricar. En este caso, se aplican los principios al bosquejo y al dibujo propiamente dicho.

La preparación de bosquejos eficientes será fácil al diseñador, si ha comprendido completamente los principios del dibujo de ingeniería y las construcciones relacionadas que son necesarias en la preparación de su bosquejo. Esta comprensión le capacita para hacer bosquejos en el lenguaje de ingeniería, facilitando la comunicación de sus ideas al dibujante para su representación y posterior perfeccionamiento. Los fundamentos del dibujo de ingeniería incluyen: (1) construcciones geométricas, (2) letreros, (3) proyecciones ortogonales, (4) vistas auxiliares, (5) secciones y convenciones y (6) acotado. En este capítulo se estudiarán todos excepto el acotado, que se verá en el capítulo 18 como el último paso en la realización de un diseño terminado. Los principios del dibujo de ingeniería se basan en normas establecidas internacionalmente y muchas de las figuras que aparecen en este capítulo se han reproducido de las normas existentes.

5-2 CONSTRUCCIONES GEOMETRICAS

El cruce de carreteras que se observa en la fig. 5-1 está compuesto de un gran número de rectas y curvas que forman el esquema total del sistema. Las curvas son suaves, permitiendo que los segmentos rectos de carretera se unan a éstas gradualmente, sin cambios bruscos producidos por intersecciones agudas. Este es un ejemplo de un problema complejo de construcción geométrica que se basa en el sencillo principio de construir un arco tangente a dos rectas o dos curvas. Muchas más aplicaciones de este principio se encuentran en productos de uso diario. Los conocidos asientos de clase muestran varios ejemplos de arcos que debieron dibujarse tangentes a rectas cuando se estaba diseñando la silla. Es necesario que este sencillo principio sea entendido para el diseño de productos o sistemas que necesiten de él.



Fig. 5-1. El diseño de este cruce de carreteras en la ciudad de México, D. F., se basa en la aplicación de las construcciones geométricas. (Cortesía de las Autoridades Municipales de México, D. F.)

El principio básico en los problemas de empalmes es la localización de los puntos de tangencia entre los arcos o entre rectas y arcos. Los puntos de tangencia entre arcos pueden encontrarse uniendo los centros de dos arcos tangentes (fig. 5-2A). Este principio se aplica a arcos de igual o diferente tamaño. Los puntos de tangencia de dos rectas y un arco pueden encontrarse trazando a partir del centro del arco líneas perpendiculares a las rectas tangentes, como se muestra en la parte B. En ambos casos, las líneas delgadas se han trazado para localizar los puntos de tangencia y se han dibujado con un lápiz 3H o 4H. Estas líneas son una gran ayuda en la terminación de planos, ya que sirven como guías para terminar los arcos que se tracen con compás.

5-3 ARCO TANGENTE A DOS RECTAS

Puede construirse un arco de radio conocido que sea tangente a dos rectas divergentes: Esta construcción puede emplearse para redondear una esquina de un producto o para diseñar la calzada de una intersección de calles. En la fig. 5-3 se dan dos rectas, *AB* y *DE*; deberá construirse un arco de radio *R* tangente a las dos rectas.

Paso 1. Por medio del compás, se construyen dos arcos de radio *R* en dos puntos a lo largo de cada recta. A continuación, se trazan las paralelas *AB* y *DE*, dibujando estas líneas de construcción tangentes a los arcos y prolongándolas hasta que se corten en el punto *C*; este punto estará a la misma distancia *R* de cada una de las rectas dadas.

Paso 2. A partir del punto *C*, se dibujan líneas delgadas perpendiculares a *AB* y *DE* para establecer los dos puntos de tangencia. Haciendo centro en *C*, se dibuja el arco con radio *R* tangente a las dos rectas.

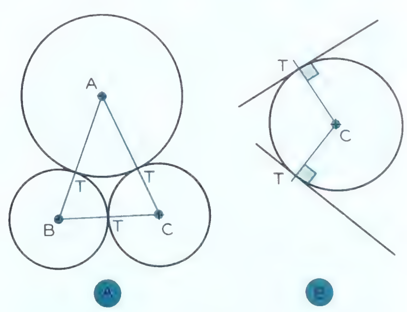


Fig. 5-2. Localización de los puntos de tangencia entre círculos y entre rectas y círculos tangentes

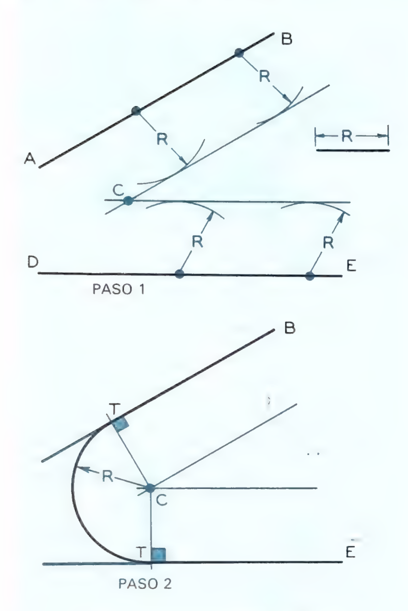
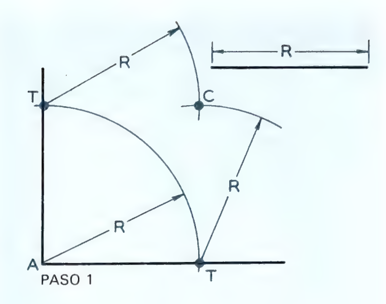


Fig. 5-3. Construcción de un arco tangente a dos rectas.



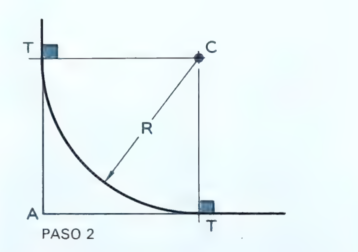


Fig. 5-4. Construcción de un arco tangente a dos rectas perpendiculares.

Arco tangente a rectas perpendiculares.

Se puede usar el mismo procedimiento del anterior para construir un arco tangente a dos rectas cualesquiera, pero, si las dos son perpendiculares, se puede usar un método alterno. Este es un caso especial que no puede aplicarse a rectas que no sean perpendiculares.

Paso 1. A partir del punto *A* de intersección de las dos perpendiculares se construye un arco con radio R (figura 5-4) que cortará las rectas perpendiculares en dos puntos, que son los puntos de tangencia *T*, como se indica. Haciendo centro en cada punto *T*, se dibujan arcos para localizar el punto *C*.

Paso 2. A partir del punto *C*, se trazan rectas delgadas perpendiculares a las rectas dadas. Estas rectas trazadas son líneas de eje, puesto que son perpendiculares y localizadas en posición convencional de las líneas de eje. Haciendo centros en *C* se dibuja con radio *R*, el arco de empalme.

En todos los casos, los puntos de tangencia deben indicarse como parte de la construcción. Estos puntos se muestran con sendas líneas delgadas o líneas de eje, dibujadas desde el centro hacia los puntos de tangencia y extendidas 2 mm más allá de éstos. Las líneas así dibujadas prestan ayuda en la construcción y suministran un medio visual de inspeccionarla y verificar su exactitud.

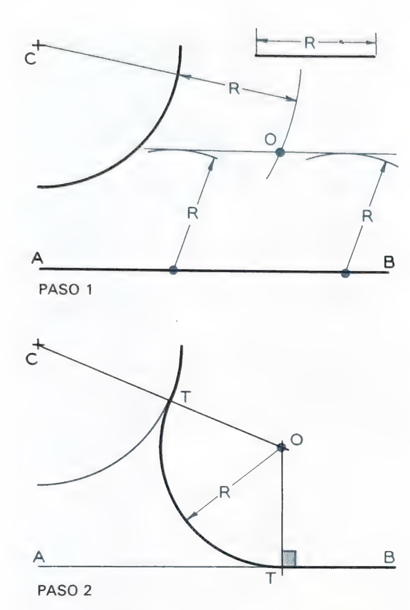


Fig. 5-5. Construcción de un arco tangente a una recta y un arco.

5-4 ARCO TANGENTE A UN ARCO Y UNA RECTA

Frecuentemente, es necesario dibujar un arco de radio conocido, que va tangente a otro arco y a una recta. Puesto que hay un número infinito de soluciones que dependen de la longitud de los radios de empalme, es necesario conocer este radio.

Paso 1. Ajústese un compás al radio dado *R* (fig. 5-5). Localice aproximadamente el centro, por inspección o por ensayo y error; esto puede ayudar en la comprobación de la construcción. Trácese un radio del arco dado y extiéndase en una dirección conveniente, añadiéndosele el radio *R*. Haciendo centro en *C* trácese un arco con radio igual al radio extendido, incluyendo el radio *R*. A partir de la línea *AB*, dibújense dos arcos de radio *R* y trácese la tangente a éstos para obtener una paralela a la distancia *R* de la recta *AB*. La intersección de esta recta y el arco anteriormente construido determinan el punto *O*, a una distancia *R* tanto del arco dado como de la recta *AB*.

Paso 2. Trácese una línea delgada desde el punto *O* al centro *C* para localizar el punto de tangencia entre los dos arcos. Trácese una segunda línea desde el punto *O* y perpendicular a la recta *AB* para encontrar el segundo punto de tangencia. Haciendo centro en *O*, trácese un arco con radio *R* que será tangente a la recta y al arco dados.

5-5 ARCO TANGENTE A DOS ARCOS

El plano de detalles de la fig. 5-6 muestra varios ejemplos de problemas de tangencia, en especial la construcción de arcos tangentes a arcos dados. Es necesario resolver estos

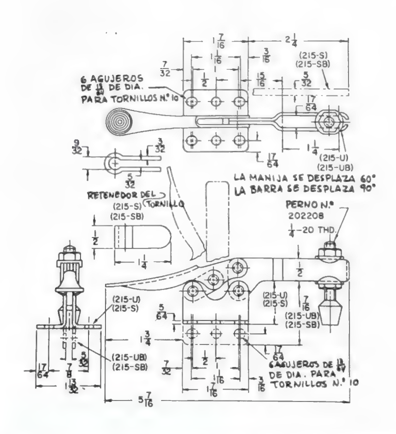


Fig. 5-6. En este plano industrial de trabajo se ven varios ejemplos de problemas de tangencia. Las construcciones fueron necesarias durante el diseño de cada elemento. (Cortesía de De-Sta-Co Corporation.)

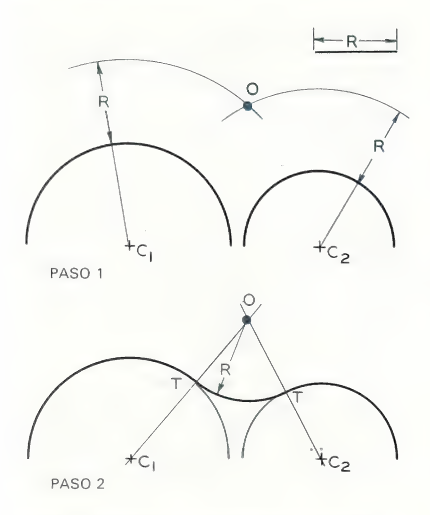


Fig. 5-7. Construcción de un arco tangente a dos arcos dados.

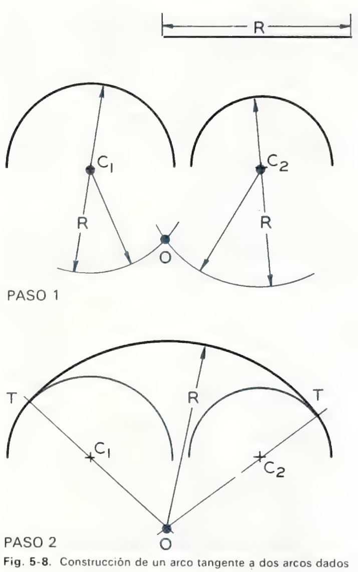


Fig. 5-8. Construcción de un arco tangente a dos arcos dados

problemas geométricos de construcción antes de llegar al diseño terminado. El método de construcción se muestra en la figura 5-7.

Paso 1. Usando un compás ajustado al radio *R*, localícese el área en la cual estará situado el centro del arco tangente a los arcos dados. El conocimiento de esta área servirá para comprobar la construcción usada. Trácense los radios desde C_1 y C_2 y extiéndanse en una dirección conveniente, añadiéndoseles el radio *R* a cada uno de ellos. Haciendo centro en C_1 y C_2, trázense dos arcos con radios iguales a los radios extendidos incluyendo el radio *R* y localícese su punto de intersección *O*.

Paso 2. Dibújense líneas delgadas del punto *O* a cada uno de los centros C_1 y C_2 para localizar los puntos de tangencia. Haciendo centro en *O* y con radio *R* trácese un arco que sea tangente a los arcos dados.

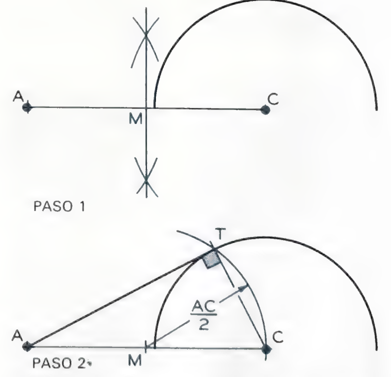


Fig. 5-9. Localización por construcción del punto de tangencia verdadero de una recta tangente a un arco desde un punto dado

Construcción alterna. En los casos en que el radio dado es lo suficientemente grande, hay dos métodos disponibles para construir un arco tangente a dos arcos dados. El primero se explica en el ejemplo anterior; el segundo se muestra en la fig. 5-8.

Paso 1. En una dirección conveniente, y a partir de los centros C_1 y C_2, trácense dos radios que partan de los arcos dados; mídase el radio R sobre los radios ya trazados a partir de los arcos dados. Las distancias desde los puntos C_1 y C_2 hasta el final del radio R se emplean como radios para formar dos arcos que se cruzan en el punto O.

Paso 2. Dibújense líneas delgadas del punto O a través de cada uno de los centros C_1 y C_2 para encontrar los puntos de tangencia. Haciendo centro en O trácese un arco con radio R que será tangente a los dos arcos dados.

5-6 TANGENTE DE UN PUNTO A UN ARCO

La tangente de un punto a un arco puede aproximarse a ojo en muchos casos; sin embargo, la localización exacta del punto de tangencia puede encontrarse por medio de una construcción geométrica. El método se muestra en la fig. 5-9.

Paso 1. Dibújese una recta del punto A al centro C del arco. Biséquese esta línea para encontrar su punto medio M.

Paso 2. Haciendo centro en M trácese un arco, con radio igual a la mitad de la distancia AC, que localizará el punto T, que es el punto de tangencia. La tangente se dibujará del punto A al punto T. La exactitud de esta línea puede comprobarse dibujando una recta desde C y que sea perpendicular a AT. Esta recta debe intersecar a la otra en el punto T, el punto de tangencia.

5-7 USO DE LAS ESCALAS

Imprescindiblemente, todos los planos de ingeniería necesitan de la medida de longitudes, tamaños y otras dimensiones lineales como parte integral de su construcción. Lo cual conlleva la comprensión de las escalas empleadas para hacer los planos y sus varias aplicaciones. Hay disponibles gran número de escalas, en gran variedad de designaciones, desde las escalas métricas hasta las de divisiones fraccionales norteamericanas. Las escalas comúnmente utilizadas en el dibujo de ingeniería son la escala de reducciones y la escala de ampliaciones. Estas escalas son generalmente de 30 cm de longitud; también existen escalas de bolsillo de longitudes menores.

Escala de reducciones. La escala de reducciones se emplea para expresar en escala las dimensiones de los objetos que normalmente se presentan al arquitecto, que incluyen diseños de edificaciones, ebanistería, tubería e instalaciones eléctricas. En general, las medidas de interiores se hacen en metros y submúltiplos, como aparecen en la escala de reducciones. Está claro que pocos dibujos pueden hacerse a escala natural; en consecuencia, se deben emplear escalas para hacer los planos a un tamaño reducido pero proporcional. Por ejemplo, la escala de reducciones tiene las siguientes graduaciones:

1 : 500
1 : 1000
1 : 1250
1 : 1500
1 : 2000
1 : 2500

Los arquitectos generalmente tienen que ver más bien con grandes planos de diseño de edificaciones que serían imposibles de representar, excepto a escala reducida. Como se hacen medidas en metros, las escalas de reducciones están graduadas en metros y sus submúltiplos.

La escala 1 : 1000 se usa para hacer medidas a escala natural. Esta es la escala que se encuentra en las reglas y cintas graduadas utilizadas por los trabajadores que deben construir los objetos que figuran en los planos de ingeniería. La escala natural se emplea para dibujar partes pequeñas o para ciertos detalles que faciliten la interpretación de los planos.

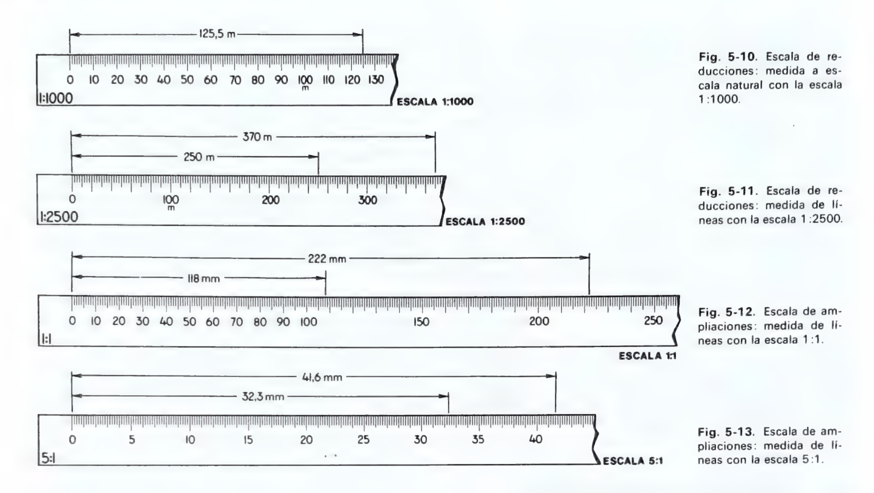


Fig. 5-10. Escala de reducciones: medida a escala natural con la escala 1:1000.

Fig. 5-11. Escala de reducciones: medida de líneas con la escala 1:2500.

Fig. 5-12. Escala de ampliaciones: medida de líneas con la escala 1:1.

Fig. 5-13. Escala de ampliaciones: medida de líneas con la escala 5:1.

Escala natural. El uso de la escala 1 : 1000 para tomar una medida de una línea a escala natural se observa en la fig. 5-10. Un extremo de la línea se coloca en el punto de la escala marcado con cero y la lectura se hace en el otro extremo, aproximando al medio milímetro más cercano. En este ejemplo, se puede ver que la longitud de la línea es 125,5 m.

Escala 1:2500. En esta escala, un centímetro representa 25 m. En la fig. 5-11, se miden distancias de 250 metros y 370 metros, utilizando esta escala. Nótese que la máxima aproximación que se puede obtener en esta escala es de 2 metros.

Las demás escalas se utilizan de manera similar. La escala apropiada se debe escoger teniendo en cuenta, las dimensiones generales del objeto que se va a dibujar y las del papel disponible.

Escala de ampliaciones. Esta escala se emplea comúnmente para dibujar estructuras que se van a levantar en exteriores, tales como sistemas de calles, sistemas de cañerías y otros sistemas que tienen medidas no muy grandes y están relacionadas con topografía y cartografía. Como las divisiones de la escala son decimales, se puede medir fácilmente y, por multiplicación, se pueden hallar áreas y volúmenes sin dificultad. La escala de ampliaciones está dividida en escalas marcadas 1:1; 1,25:1; 1,5:1; 2:1; 2,5:1 y 5:1 lo cual significa que / mm se representa por / mm; 1,25 mm; 1,5 mm; 2 mm; 2,5 mm y 5 mm respectivamente.

Estos son ejemplos de las escalas típicas que pueden leerse directamente. Se pueden obtener otras combinaciones, aumentando o disminuyendo las escalas en múltiplos de 10. Por ejemplo, la escala 1:1 puede usarse como escala 100:1 simplemente moviendo la coma decimal al lugar apropiado.

Escala 1:1. En la fig. 5-12, se ha usado la escala 1:1 para medir una línea. El cero se coloca en un extremo de ésta y la medida se lee en el otro extremo. En la gráfica, se miden dos líneas de longitud 118 mm y 222 mm.

Escala 5:1. En la fig. 5-13, se ha utilizado la escala 5:1 para medir algunas líneas. Las líneas en escala tienen 32,3 mm y 41,6 mm. Obsérvese la amplitud de la escala, que permite apreciar al décimo de milímetro. Si la escala fuera 50:1, las longitudes de estas líneas serían 3,23 mm y 4,16 mm, que se han obtenido moviendo la coma decimal un lugar a la izquierda.

En el sistema norteamericano existen las escalas correspondientes a las de reducciones y ampliaciones, llamadas también escalas de arquitectura y escala de ingeniería, respectivamente. La escala de arquitectura puede tener las siguientes escalas:

Escala natural

3″ = 1′-0″	$\frac{3}{8}$″ = 1′-0″
$\frac{1}{2}$″ = 1′-0″	$\frac{1}{4}$″ = 1′-0″
1″ = 1′-0″	$\frac{3}{32}$″ = 1′-0″
$\frac{3}{4}$″ = 1′-0″	$\frac{1}{8}$″ = 1′-0″
$\frac{1}{2}$″ = 1′-0″	$\frac{3}{16}$″ = 1′-0″

Esta escala está graduada para medir en pies, pulgadas y fracciones de pulgadas en algunos casos.

La de ingeniería permite leer las siguientes escalas:

Escala 10:	1″ = 0,1″,	1″ = 1′,	1″ = 10″
Escala 20:	1″ = 20′,	1″ = 200′	
Escala 30:	1″ = 300′,	1″ = 3000″	
Escala 40:	1″ = 40′,	1″ = 400′	
Escala 50:	1″ = 50′,	1″ = 500′	
Escala 60:	1″ = 600′,	1″ = 6000′	

Esta es una escala decimal en la cual cada división está basada en múltiplos de 10 unidades.

5-8 CONSTRUCCIONES MATEMATICAS

El uso de la escala y los principios de construcción geométrica pueden combinarse para obtener soluciones gráficas, con un grado razonable de aproximación, en problemas matemáticos. Este es el principio empleado en nomografía, que se verá en la sección 15-35.

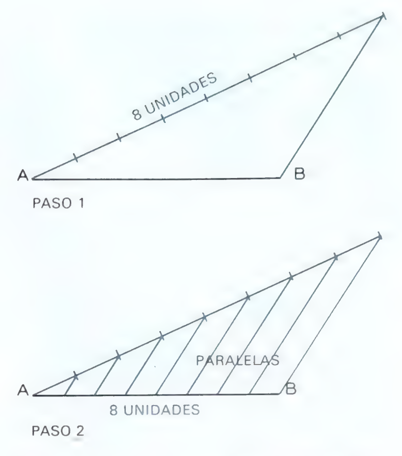


Fig. 5-14. División de una recta en un número de segmentos iguales por construcción geométrica

Esta manera de resolver problemas es aplicable principalmente a problemas de naturaleza repetitiva, donde la variable permanece constante, facilitando el hecho de hacer lecturas gráficas del mismo dibujo. El fundamento de muchas construcciones de este tipo es la división de una recta en un número dado de partes, como se ve en la fig. 5-14.

Paso 1. La recta *AB* debe dividirse en ocho partes iguales por el método gráfico. Para este efecto, se dibuja una recta por *A*, a un ángulo conveniente; la recta se divide luego en ocho partes iguales con un divisor o una escala que tenga el número adecuado de divisiones. La marca de la octava división se une con el punto *B*, por medio de una línea de construcción.

Paso 2. Por cada una de las marcas se trazan rectas que sean paralelas a la recta que pasa por *B*. Estas rectas cortan la recta *AB*, dividiéndola en ocho segmentos iguales.

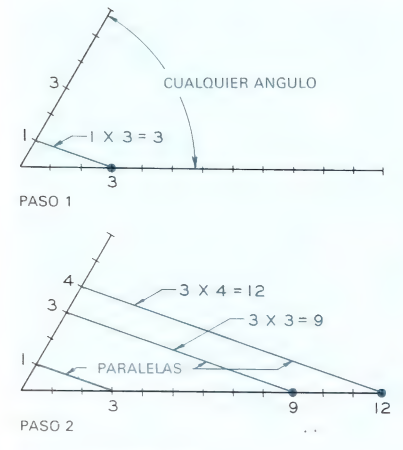


Fig. 5-15. Multiplicación gráfica.

5-9 MULTIPLICACION GRAFICA

Para llevar a cabo este tipo de multiplicación, se hace uso del principio de los triángulos semejantes. Este método de construcción geométrica se muestra en la fig. 5-15.

Paso 1. Dibújense dos rectas que se corten en un ángulo cualquiera y divídanse en segmentos iguales; los segmentos de una línea pueden ser diferentes de los de la otra. Los segmentos a lo largo de cada recta deben numerarse de manera que suministren el rango suficiente para las multiplicaciones que se van a efectuar. Si la multiplicación, por ejemplo, tiene el factor 3 como multiplicador constante, márquense 3 segmentos sobre una recta y un segmento sobre la otra. Como $1 \times 3 = 3$, la respuesta de esta multiplicación se lee directamente sobre la línea horizontal, trazando una diagonal que una el uno con el tres.

Paso 2. La multiplicación, por ejemplo, de 3×3 se puede hacer trazando una línea por el punto 3 sobre el eje inclinado y paralela a la diagonal. Esta línea cortará el eje horizontal en el punto nueve; ésta es la respuesta. El mismo procedimiento se puede repetir para multiplicar 3×4 ó cualquier otro número multiplicado por 3; la respuesta se lee sobre el eje horizontal.

5-10 DIVISION GRAFICA

Para dividir un número por otro, se emplea un procedimiento inverso al anterior, como se muestra en la fig. 5-16. En este ejemplo, por conveniencia, los ejes se han dibujado perpendicularmente.

Paso 1. Divídase cada eje en segmentos iguales, como en el ejemplo anterior. Como se va a dividir 20 entre 4, se trazará una diagonal por el 20 de un eje al 5 del otro.

Paso 2. Por el 1 del eje vertical se trazará una segunda diagonal paralela a la anterior, que cortará al eje horizontal en un punto 4, que es el cociente de dividir 20 entre 5. Se podrían haber construido los ejes con un ángulo diferente.

5-11 METODO GRAFICO PARA ELEVAR AL CUADRADO Y EXTRAER LA RAIZ CUADRADA

Con base en el principio geométrico de que dos líneas inscritas en un semicírculo forman un ángulo recto, se puede encontrar gráficamente la raíz cuadrada de un número por medio de la construcción de una serie de triángulos semejantes. Este método se ilustra en la fig. 5-17.

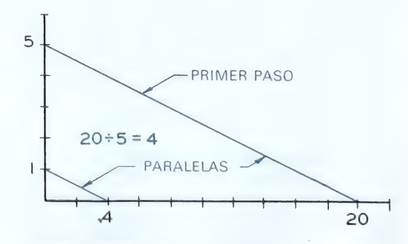
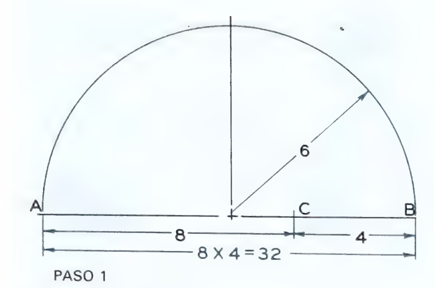


Fig. 5-16. División gráfica



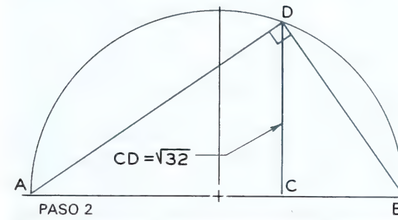


Fig. 5-17. Determinación por construcción gráfica de la raíz cuadrada de un número.

Paso 1. Para encontrar la raíz cuadrada, por ejemplo, de 32, se divide el número en factores aproximadamente iguales, 8 y 4 en este caso. El hecho de que estos factores sean los más cercanos posibles da un mayor grado de exactitud en la respuesta. La unidad también puede usarse como un factor, pero su uso está limitado más bien a números pequeños.

La suma de los factores 8 y 4 da la longitud *AB* del diámetro de un semicírculo, cuyo centro se encontrará localizado a seis unidades de cualquiera de los extremos; con centro en este punto, dibújese un semicírculo de seis unidades de radio. Localícese el punto *C*, punto en el cual se unen los factores 8 y 4.

Paso 2. A partir del punto *C*, trácese una perpendicular que cortará al arco de circunferencia en un punto *D*. Midiendo con la escala de ingeniero la distancia *DC*, se encuentra la raíz cuadrada de la línea *AB* (32). Nótese que se debe emplear la misma escala a través de todo el proceso.

Prueba. La relación empleada puede probarse por medio de triángulos semejantes, haciendo referencia al paso 2 de la fig. 5-16 y a las siguientes ecuaciones:

$$DC : A = BC : DC$$

ó

$$\frac{DC}{AC} = \frac{BC}{DC} \quad ó \quad DC^2 = AC(BC);$$

de donde

$$DC = \sqrt{AC(BC)} \quad ó \quad DC = \sqrt{8\ (4)} = \sqrt{32}.$$

Podría usarse un semicírculo de diámetro 33, utilizando los factores 32 y 1; sin embargo, la raíz cuadrada sería una línea más corta comparada con las otras dimensiones de la construcción, lo cual produciría menor exactitud que la obtenida cuando los factores son de longitudes cercanas.

Un número puede elevarse al cuadrado en la misma forma invirtiendo el proceso explicado en el ejemplo anterior. Este proceso se indica en la fig. 5-18.

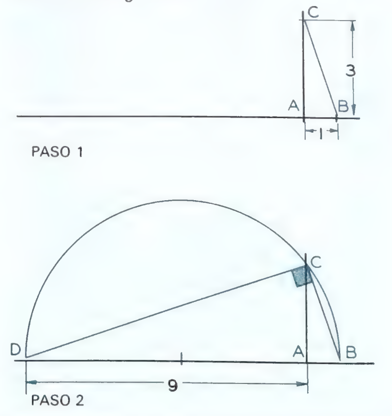


Fig. 5-18. Elevación de un número al cuadrado por el método gráfico.

Paso 1. Se necesita encontrar gráficamente el cuadrado de tres. Se traza entonces, con una escala de ingeniero, una línea vertical *AC* de tres unidades de longitud. Por el punto *A*, se traza una línea horizontal que sea perpendicular a *AC*. Empleando la misma escala se localiza el punto *B*, a una unidad de *A*, uniéndose el punto *B* con el punto *C*.

Paso 2. A partir del punto *C*, se traza una perpendicular a *BC* y se prolonga hasta que corte la horizontal en *D*. La distancia *AD* es la representación gráfica del cuadrado de tres y se puede medir con la escala para obtener su valor. Como prueba, trácese un arco con centro en el punto medio del diámetro *BD*, el cual debe pasar por el punto *C* si la construcción es correcta. Se habría podido emplear otro factor diferente de la unidad para el segmento *AB*. Por ejemplo, si se hubiera tomado *AB* de dos unidades, *AD* hubiese medido 4,5 unidades. El cuadrado del número sería el producto de estos dos factores, o sea 4,5× 2= 9.

5-12 TRIGONOMETRIA GRAFICA

Las funciones trigonométricas pueden encontrarse gráficamente por construcción geométrica y medida con una escala de ingeniero. Este método de construcción se muestra en la fig. 5-19, donde se ha trazado un arco de radio de 10 unidades a una escala apropiada. El ángulo del cual se desea hallar las funciones debe construirse lo más exacto posible, tal como se muestra. La tabla de las funciones de este ángulo puede encontrarse por medida directa de este diagrama, tal como se ilustra.

Por ejemplo, el seno de cualquier ángulo es igual al cateto opuesto sobre la hipotenusa, que corresponde a *Y/R* en el triángulo pequeño. Como el radio del arco, que es la hipotenusa, mide 10 unidades, el cateto *BC* puede calcularse del dibujo como una fracción decimal. El coseno del ángulo es la razón del cateto adyacente *X* al radio de 10 y puede medirse directamente de la línea *AC*. Las otras funciones de este ángulo pueden encontrarse de una manera parecida. Para otros ángulos, deben trazarse diagramas adicionales, los cua-

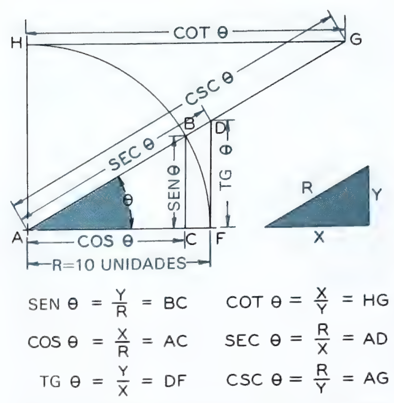


Fig. 5-19. Determinación gráfica de las funciones trigonométricas fundamentales.

les tienen que hacerse lo más exactamente posible para suministrar precisión en las medidas. Estas construcciones gráficas pueden emplearse para verificar otras identidades trigonométricas, trabajando otras relaciones. Por ejemplo, la tangente del ángulo θ es igual a Y/X. El cateto Y es igual al segmento *AC* o al coseno de θ. La substitución de estas funciones trigonométricas en vez de los catetos X e Y da la siguiente relación:

$$\frac{Y}{X}=\frac{\text{sen }\theta}{\cos}=\text{tg }\theta,$$

El inverso es igual a la cotangente de θ

$$\frac{X}{Y}=\frac{\cos}{\text{sen }\theta}=\text{ctg }\theta.$$

Otras identidades fundamentales se basan en el teorema de Pitágoras, que dice que la suma de los cuadrados de los catetos es igual al cuadrado de la hipotenusa. Un ejemplo de esto es que el cuadrado de *BC* y *AC* es igual al cuadrado de *AB*. Como estas longitudes representan funciones trigonométricas, se pueden hacer las siguientes substituciones:

$$Y^2+X^2=R^2$$

o

$$\text{sen}^2\,\theta+\cos^2\theta=1$$

Otras relaciones pitagóricas son:

$$1 + \text{tg}^2\,\theta = \sec^2\theta$$

y

$$1 + \text{ctg}^2\,\theta \ \csc^2\theta$$

Estas identidades fundamentales se pueden verificar gráficamente refiriéndose a la figura 5-19. Es necesario que las construcciones sean aumentadas convenientemente para obtener medidas suficientemente aproximadas.

5-13 LETREROS

Los letreros son un medio fundamental para comunicar la información en ingeniería y para especificar métodos de construcción. En muchos casos, los letreros pueden ser más decisivos para un proyecto que los dibujos, ya que los dibujos pueden ser esquemas con notas que relacionen detalles y especificaciones. Si los letreros son deficientes, se puede producir confusión de información importante y fracasar en el diseño. Los letreros deben ser fáciles de hacer y legibles.

Se dispone de diversos aparatos para hacer letreros técnicos; también hay máquinas de escribir especialmente diseñadas y que se usan algunas veces para escribir en grandes planos de ingeniería, asegurando la legitimidad. Sin embargo, y a pesar de los muchos medios mecánicos disponibles, la mayoría de los ingenieros desarrollan una habilidad especial para escribir a mano y resuelven problemas de ingeniería haciendo notas generales y rotulando bosquejos de diseño.

Los letreros pueden adoptar gran variedad de estilos, según la preferencia del individuo. Se han establecido normas generales para la forma de las letras que sirven como guía para uniformidad de estilo. El alfabeto de letras de ingeniería más comúnmente aceptado es el palo seco de un solo trazo, vertical o inclinado.

Las mayúsculas y minúsculas se muestran en la fig. 5-20 con los trazos sugeridos para su construcción. Las mayúsculas se han dibujado dentro de cuadrados con una línea guía horizontal, colocada en el punto medio de la vertical, para dar una guía visual en su construcción. Las mayúsculas se utilizan casi exclusivamente en la mayoría de los dibujos de ingeniería. La altura de las letras en muchos planos es, generalmente, de 3 mm y las líneas de guía, se deben usar siempre para mayor uniformidad. Los trazos pueden variar con el individuo, pero los que se muestran aquí prestan gran ayuda al principiante que está desarrollando su propia técnica.

Las guías verticales para las minúsculas verticales se muestran en la fig. 5-20 y tienen su fundamento en cuatro divisiones verticales iguales. El cuerpo de la letra tiene una altura de dos espacios a partir de la porción central de las guías, dejándose un espacio sobre y bajo las letras para aquellas que se extienden sobre o bajo el cuerpo principal. Las minúsculas se usan con más frecuencia en notas y cálculos de ingeniería que en planos de trabajo.

Tanto las letras verticales como las inclinadas son aceptables como formas normalizadas para hacer letreros. Sin embargo, en un mismo plano, deberá usarse el mismo tipo de letras y no variar de un estilo al otro. El ángulo de 6,5° es el recomendado para la inclinación de las letras. La forma de las letras inclinadas, tanto mayúsculas como minúsculas se muestra en la fig. 5-21. Los trazos para su construcción son los mismos que para las letras verticales.

Los quebrados, en letras verticales o inclinadas, tienen el doble de altura que un número (fig. 5-22). Si se emplean letras de 3 mm, como es costumbre, los quebrados tendrán 6 mm de altura, con la línea de quebrado colocada en el centro; esta línea no puede ser tocada por los números del quebrado, de manera que estos tienen un poco menos de 3 mm de altura. Toda línea de referencia trazada a partir de una nota comienza con un corto segmento horizontal trazado por el centro del letrero, tal como se muestra en la fig. 5-22. Es de gran ayuda para el mejoramiento de la letra el trazar guías verticales espaciadas al azar que sirvan como guías visuales para todo el letrero. Las guías deben trazarse suavemente con un lápiz 3H o 4H, de manera que no sean muy notorias. Las guías deben usarse aun cuando el letrero conste de un solo número o letra.

Una comparación entre mayúsculas y minúsculas se observa en la fig. 5-23, donde

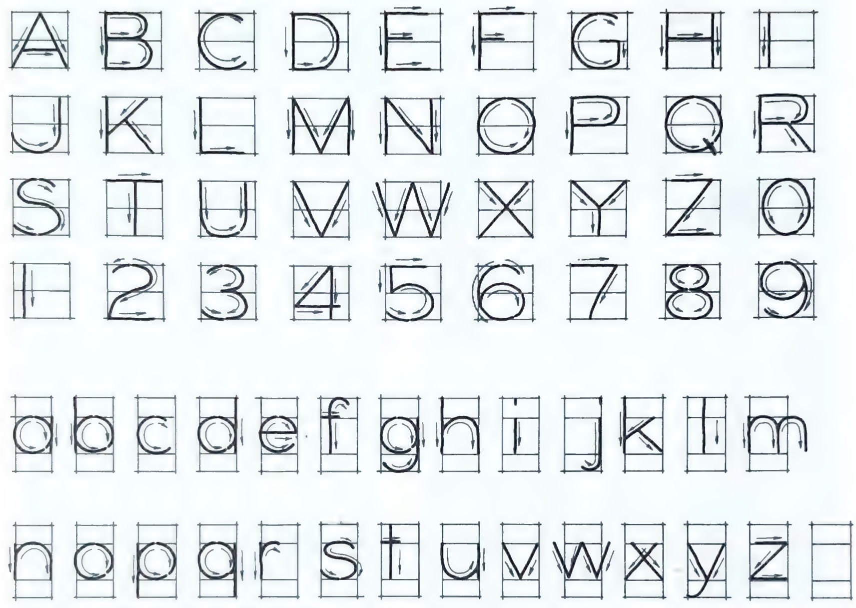


Fig. 5-20. Alfabeto de palo seco vertical de un solo trazo: letras mayúsculas y minúsculas con los trazos aconsejados.

se ven además los estilos vertical e inclinado. La altura de las minúsculas es los dos tercios de la altura de las mayúsculas. En la mayoría de los planos de ingeniería, las mayúsculas se dibujan de 3 mm de altura. Esta altura suministra espacio adecuado y facilidades para escribir. Las letras grandes se usan, a veces, para notas especiales y títulos que se desean resaltar. Las guías verticales e inclinadas se usan como guías visuales para uniformidad de los letreros. No debe darse atención a la construcción de estas guías para que correspondan a determinadas líneas de las letras; por el contrario, por conveniencia, deben trazarse al azar. La escuadra de Braddock-Rowe y la guia Ames para letreros son de gran ayuda en el trazado de guías uniformes. El espacio entre líneas en un letrero debe ser aproximadamente igual a, o ligeramente menor que, la altura de la letra.

5-14 INTRODUCCION A LA PROYECCION ORTOGONAL

La construcción de vistas ortogonales es el medio por el cual el dibujante prepara dibujos interpretables de vistas múltiples para representar un diseño. En este sistema, las vistas de un objeto se proyectan perpendicularmente sobre planos perpendiculares con proyecciones paralelas. La teoría de este tipo de proyección se verá con más detalle en el capitulo 7.

Fig. 5-21. Alfabeto de palo seco inclinado de un solo trazo: letras mayúsculas y minúsculas con los trazos aconsejados.



Fig. 5-22. Las fracciones son dos veces más altas que los números enteros. Estos miden 3 mm en la mayoría de los planos de ingeniería.



Fig. 5-23. La posición y el uso de líneas de guía para letras verticales e inclinadas. Las líneas, espaciadas al azar, sirven como guía visual.

Una parte importante del dibujo de vistas múltiples es la relación del lápiz y la intensidad de las líneas empleadas para presentar el plano de ingeniería definitivo. Las siguientes designaciones se usan para identificar la dureza de las minas de los lápices; también se indican sus usos.

Designación	*Dureza*	*Uso*
7B	Blando	Bosquejos y aplicaciones artísticas
6B	Blando	
5B	Blando	
4B	Blando	
3B	Blando	
2B	Blando	
B	Mediano	Bosquejos
HB	Mediano	Bosquejos
F	Mediano	Líneas de contorno
H	Mediano	Líneas de contorno
2H	Mediano	Líneas de eje
3H	Mediano	Líneas de eje
4H	Duro	Para construcciones de alta técnica y medidas exactas.
5H	Duro	
6H	Duro	
7H	Duro	
8H	Duro	
9H	Duro	

Los lápices de dureza mediana prestan mejor servicio en la construcción de planos de ingeniería que van a ser reproducidos. Los lápices duros son poco intensos y hacen difícil la reproducción, mientras que los blandos manchan y dan malas reproducciones. El ejemplo de dibujo de ingeniería de la fig. 5-24 muestra las intensidades recomendadas para trazar líneas apropiadas. La dureza de los lápices variará de acuerdo con la superficie del material de dibujo utilizado. El empleo de los símbolos normalizados de las líneas hace que un plano de ingeniería sea más asimilable y efectivo para comunicar la idea presentada en él.

5-15 EL DIBUJO EN SEIS VISTAS

El método de representación de objetos mediante una serie de vistas hechas por el dibujante se llama *proyección ortogonal*. Las vistas de un objeto se proyectan perpendicularmente sobre planos de proyección utilizando líneas de proyección paralelas. En la fig. 5-25 se ilustra la definición básica de proyección ortogonal.

Cada uno de los planos de proyección se localiza de manera que sea perpendicular al plano de proyección adyacente. Esto se puede comprender mejor si se supone que el objeto que se va a dibujar está encerrado en una caja de cristal y sus planos son paralelos a los planos de la caja (fig. 5-26). Los planos de la caja de cristal representan los planos de proyección sobre los cuales, mediante líneas de proyección paralelas, se proyectarán las vistas.

La caja imaginaria que encierra el objeto tiene seis planos perpendiculares entre sí, de tal manera que se pueden proyectar seis vistas principales de un objeto por medio de la proyección ortogonal. Se supone que la caja de cristal se puede abrir para formar un plano. En la fig. 5-28 se han dibujado las seis vistas, colocándolas en un orden lógico. La vista de arriba se ha colocado sobre la de frente, la vista de lado derecho a la derecha de la de frente y la vista de lado izquierdo a la izquierda de la vista de frente.

Cada una de estas vistas puede obtenerla un observador que se mueva alrededor del objeto y lo mire desde las seis posiciones; la proyección ortogonal simplemente suministra un conjunto de las seis vistas en una disposición convencional. El análisis de este conjunto hace posible analizar el objeto como un sólido tridimensional.

Obsérvese que las vistas se colocan de tal manera que cuatro de ellas se pueden proyectar horizontalmente en fila, usando la misma altura (H). Para las tres vistas colocadas verticalmente se usa el mismo ancho (W). Esto ayuda en la construcción de los dibujos de las vistas, puesto que las dimensiones se pueden proyectar de vista a vista. Este procedimiento disminuye el número de medidas que se deben hacer durante la construcción. Las dimensiones principales son la altura (H), el ancho (W) y la profundidad (D). Estas dimensiones estarán representadas por números en un plano de fabricación definitivo. Obsérvese

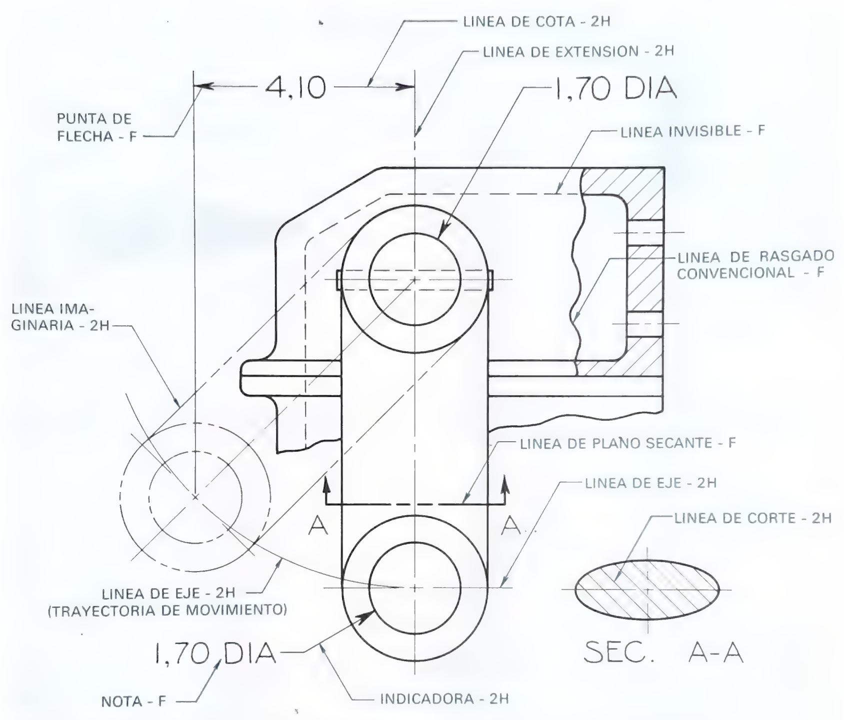


Fig. 5-24. Intensidad recomendada de las líneas en dibujos de ingeniería, con la dureza sugerida de los lápices para cada línea.

que un dibujo en seis vistas se acota con dos filas de cotas para darle apariencia más ordenada y para la disposición más agradable para su interpretación (fig. 5-28). Puesto que la dimensión altura es común a cuatro vistas, se la puede acotar en una sola vista, la vista de frente, y no es necesario repetirla en las demás vistas horizontales adyacentes a la vista de frente. De igual manera, una sola cota de anchura sirve para las tres vistas colocadas verticalmente.

Los tres planos principales de proyección son el *horizontal*, el *frontal* y el de *perfil*. En la fig. 5-28, para marcar estos planos de proyección, se usan las letras *H*, *F* y *P* las cuales se colocan a cada lado de las líneas de doblez.

Es muy importante el que las seis proyecciones ortogonales se coloquen como se muestra en la fig. 5-28. Las vistas correctamente dibujadas y que no se coloquen con esta disposición no se pueden interpretar tan fácilmente

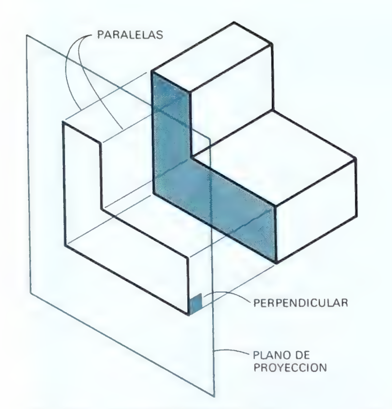


Fig. 5-25. La proyección ortogonal se define como la proyección de una vista sobre un plano de proyección mediante líneas de proyección paralelas. Las líneas de proyección son perpendiculares al plano de proyección.

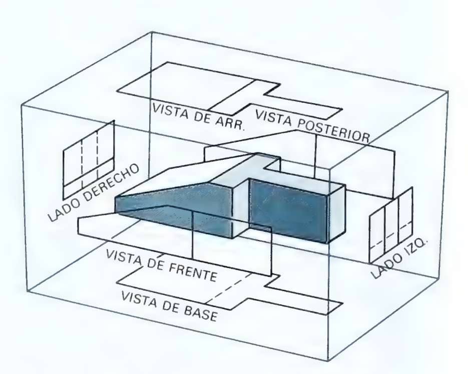


Fig. 5-26. Utilizando la proyección ortogonal se pueden dibujar seis vistas principales de un objeto. Se puede suponer que el objeto está encerrado en una caja de cristal y que las vistas se proyectan sobre los seis planos de proyección.

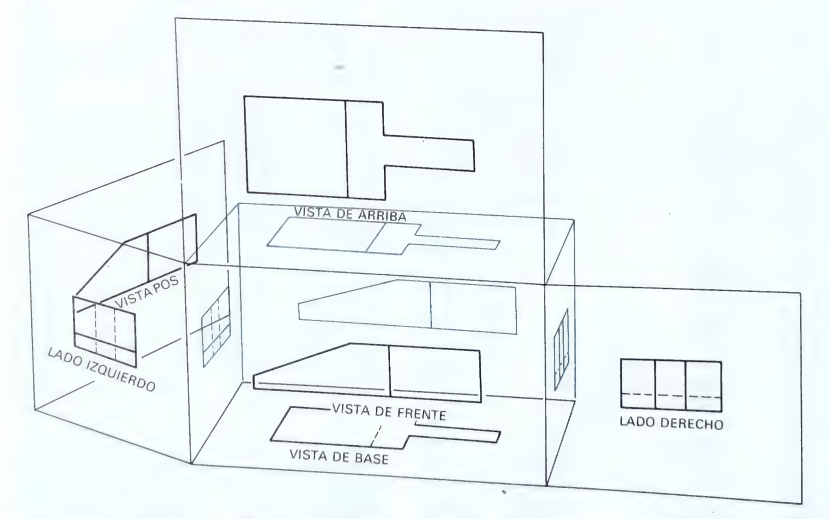


Fig. 5-27. La caja de cristal se puede abrir para formar un solo plano, el del papel de dibujo.

como cuando están correctamente ordenadas; además, es más difícil dibujarlas cuando tienen una disposición distinta.

En una vista determinada no son visibles todas las líneas de un objeto; estas líneas se indican con líneas de trazos llamadas *líneas invisibles*. El mostrar líneas invisibles puede aclarar detalles que, de otra manera, podrían pasar inadvertidos.

El espesor de las líneas utilizadas en vistas ortogonales debe corresponder al mostrado en la fig. 5-24; se deben también usar los grados de lápiz indicados en la misma figura. En la fig. 5-29 se muestran las líneas comúnmente más utilizadas. Cuando se hace un dibujo en escala grande, el espesor de las líneas es mayor que cuando se lo hace en escala pequeña. En un dibujo grande las líneas de trazos son más largas que en un dibujo pequeño. Las dimensiones dadas en la fig. 5-29 son dimensiones promedio, las cuales se pueden usar como guía en la construcción de vistas ortogonales. El espesor apropiado de las líneas de dibujo es esencial para la interpretación de un plano.

Pocas veces es necesario usar seis vistas para describir un objeto. Generalmente, sólo son necesarias tres o cuatro para identificar sus características.

5-16 EL DIBUJO EN TRES VISTAS

La combinación de vistas ortogonales comúnmente más utilizada es la compuesta por tres vistas: la de frente, la de arriba y la de lado derecho. La razón de esto es que generalmente sólo son necesarias tres vistas para explicar la forma de un objeto; además, las vistas de frente, arriba y lado derecho están colocadas de manera que para el dibujante es más fácil dibujarlas.

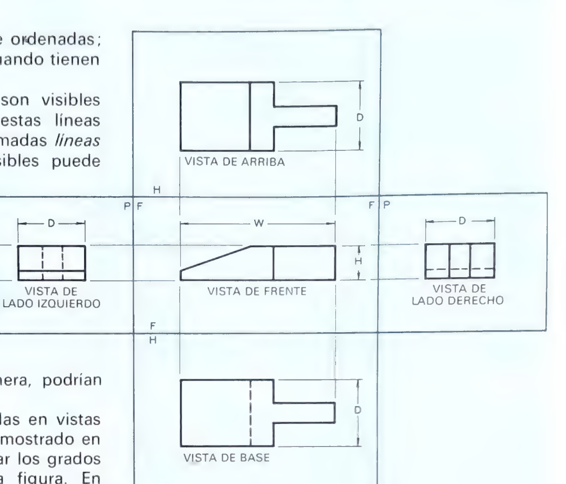


Fig. 5-28. Una vez que la caja de cristal se ha abierto completamente, de manera que forme un solo plano, las seis vistas que describen el objeto quedan ordenadas como aquí se muestra. Generalmente, las líneas del perímetro de los cristales no se dibujan; aquí se han dibujado para ayudarle a relacionar esta figura con las anteriores.

La teoría de la caja de cristal presentada en la fig. 5-26 se usa en la fig. 5-30 para mostrar las relaciones entre las tres vistas de un objeto. Los objetos que no poseen una vista de frente de fácil identificación se colocan de manera que la vista de frente sea la vista más representativa; las otras vistas se proyectan a partir de la vista de frente. En la figura 5-31 se muestran las tres vistas ortogonales del objeto de la fig. 5-30.

En la fig. 5-32 se muestra otro ejemplo de un dibujo en tres vistas. Las flechas representan la línea de vista del observador para que observe las tres vistas principales. Las vistas ortogonales resultantes se han dibujado en la disposición que se muestra en la fig. 5-33. Obsérvese que se han escogido las vistas más demostrativas con el menor

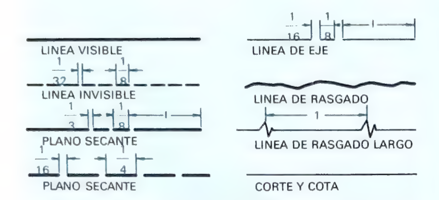


Fig. 5-29. Comparación de los espesores e intensidades de las líneas usadas en planos de ingeniería. Al dibujarlas, sus dimensiones deben apreciarse a ojo.

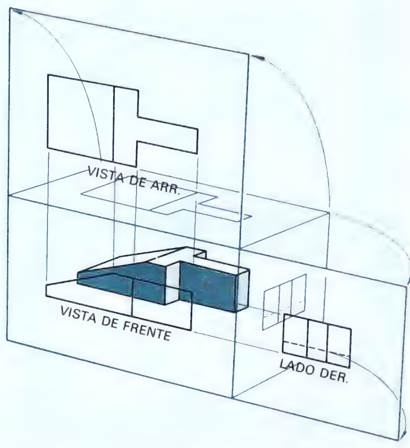


Fig. 5-30. Para describir partes de máquinas y otros diseños, comúnmente se usan dibujos en tres vistas. Se usa la caja de cristal para ilustrar cómo se proyectan las vistas sobre sus planos de proyección.

número de líneas invisibles. La vista de lado izquierdo tiene más líneas invisibles que la de lado derecho. Si las vistas se hubieran escogido como en la fig. 5-34, la vista de lado derecho obtenida tendría líneas invisibles, resultado de una elección mediocre de las vistas.

No es necesario que las tres vistas sean siempre la de arriba la de frente y la de lado derecho. Sólo es necesario que las tres vistas escogidas estén en el orden correcto para que sean adyacentes entre sí. En algunos casos se pueden usar las vistas de frente, arriba y lado izquierdo.

En las tres vistas del objeto de la fig. 5-33 se usan líneas de eje para llamar la atención sobre las características circulares del mismo. En la fig. 5-35 se ilustra el método de aplicación de las líneas de eje a un dibujo. Las líneas de eje son muy suaves, hechas con trazos largos y cortos. En la vista circular las líneas de eje se cruzan exactamente en el centro del círculo o arco. El cruce de los dos trazos cortos localiza el centro que sirve para taladrar el agujero o trazar la característica circular. Las líneas de eje deben extenderse unos 3 mm más allá del arco al cual se aplican en la vista circular.

La vista rectangular del agujero o característica circular no se puede interpretar como cilíndrica sin la ayuda de la línea de eje; en consecuencia, las líneas de eje son una valiosa ayuda para aclarar un dibujo. Las líneas de eje son líneas accesorias; es decir, que no son absolutamente necesarias en un dibujo; por esta razón deberán omitirse si confunden el dibujo o si coinciden con líneas visibles o invisibles (fig. 5-35).

5-17 BOSQUEJOS EN TRES VISTAS

El diseñador puede bosquejar sus ideas preliminares en forma de dibujos ortogonales hechos a mano alzada, lo cual le permite trabajar

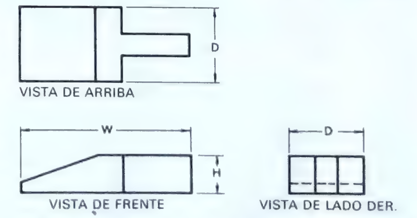


Fig. 5-31. Las tres vistas ortogonales de la parte que se ilustra en la fig. 5-29.

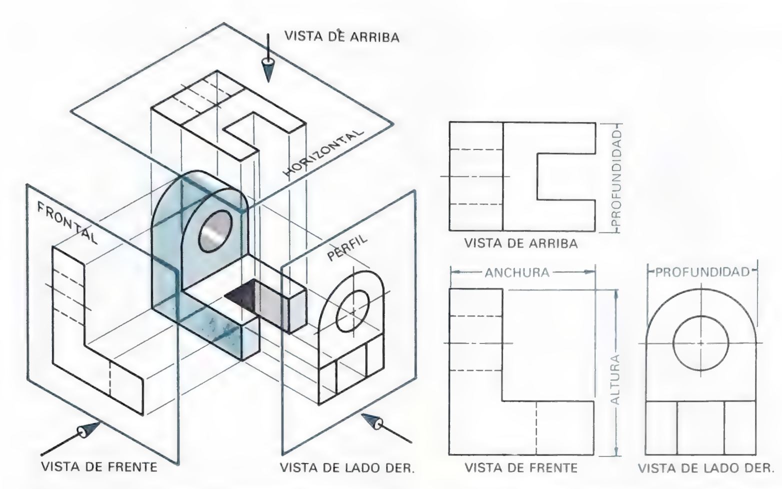


Fig. 5-32. Proyección ortogonal de las tres vistas principales sobre los planos principales: horizontal, frontal y de perfil.

Fig. 5-33. Disposición normalizada para un dibujo ortogonal en tres vistas.

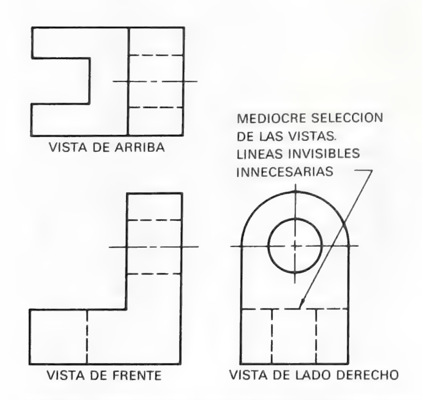


Fig. 5-34. Cuando se dibujan las tres vistas de un objeto, se deben escoger las tres vistas que tengan el menor número de líneas invisibles. La selección de vistas en esta figura no es tan apropiada como la de la fig. 5-32.

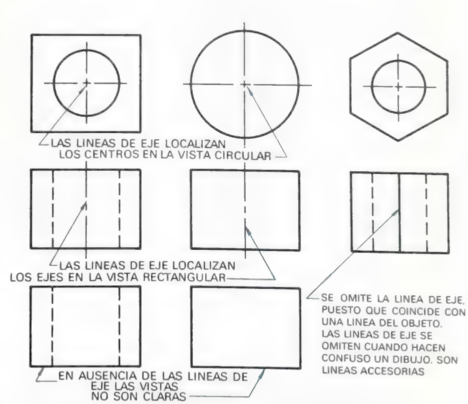
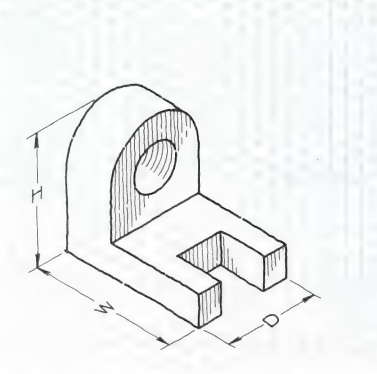
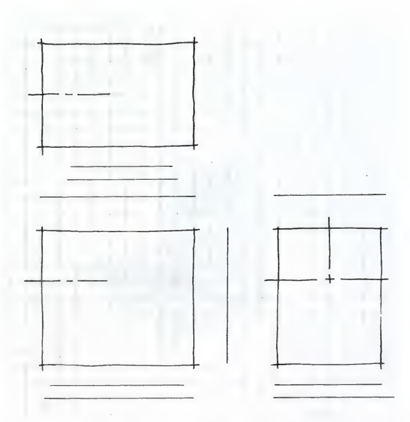


Fig. 5-35. Las líneas de eje se usan para definir formas cilíndricas, ya sean cilindros exteriores o agujeros internos.

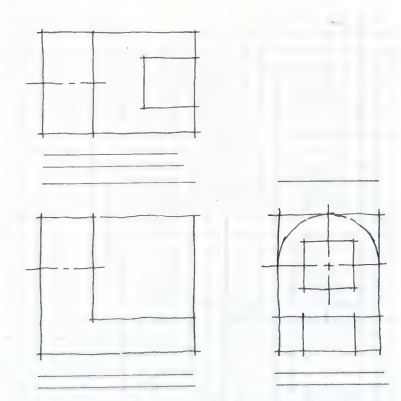
FIG. 5-36. DIBUJO DE UN BOSQUEJO EN TRES VISTAS



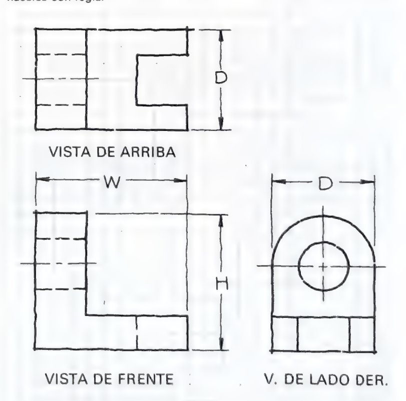
Dada: La perspectiva de un objeto.
Se pide: Un bosquejo en tres vistas que describa al objeto, indicando las dimensiones generales y marcando las vistas.
Referencia: Sección 5-17.



Paso 1: Usense las dimensiones generales del objeto para localizar las proporciones totales de la parte. Déjense espacios entre las vistas para los letreros y las cotas. Proyéctese la profundidad de la vista de arriba sobre la vista de lado como se muestra. Las guías para letreros deben hacerse con regla.

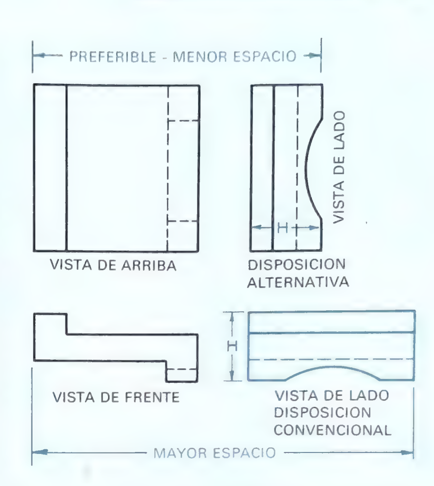


Paso 2: Bosquéjense las características resultantes, conservando las proporciones de las vistas. Proyéctense estas líneas sobre todas las vistas. Dibújense suavemente todas las líneas de construcción para evitar borrones.



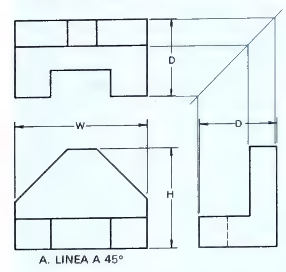
Paso 3: Oscurézcanse las líneas con un lápiz de dureza media (F o HB) de acuerdo con el espesor normalizado de las líneas. Agréguense cotas, usando las letras *D*, *W* y *H* para representar la profundidad, el ancho y la altura. Márquense las vistas con letras de 3 mm. Las líneas de eje ayudan en la interpretación de las vistas.

Fig. 5-37. Posición alternativa para la vista de lado en la disposición de las vistas ortogonales. (Cortesía de ANSI; Y14.3-1957.)

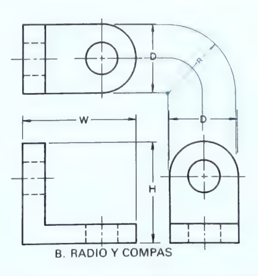


más rápidamente. Cuando no se utilizan instrumentos de dibujo, el papel cuadriculado es una gran ayuda. Para bosquejar en perspectiva, también se encuentra en el comercio un papel cuadriculado especial (fig. 5-36). Los bosquejos ortogonales generalmente se trazan con un solo lápiz tal como *F* o *HB*. Los bosquejos a mano alzada son importantes durante el proceso de ideación para comunicar y desarrollar las ideas preliminares. Bien sea un bosquejo o un dibujo cuidadoso, la distribución de un dibujo de tres vistas debe llevarse a cabo de la misma manera. El procedimiento se muestra por pasos en la fig. 5-36. Se da un bosquejo en perspectiva de una parte y se necesita construirle tres vistas ortogonales. Es importante que se mantengan las proporciones para dar en el bosquejo de tres vistas una representación real del objeto. Como se deben colocar letreros y cotas principales, deberá dejarse un espacio entre las vistas para disponer esta información. En el paso 1, con la anchura, altura y profundidad se han construido rectángulos para indicar las proporciones generales del objeto. Las guías para letreros y cotas se han dibujado con regla. Obsérvese que la profundidad en la vista de lado puede proyectarse a partir de la vista de arriba con el compás de puntas. En el paso 2 se bosquejan los detalles adicionales. La ranura se dibuja

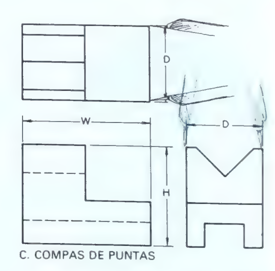
FIG. 5-38. TRANSFERENCIA DE LA DIMENSION PROFUNDIDAD



A. LINEA A 45°



B. RADIO Y COMPAS



C. COMPAS DE PUNTAS

A. La dimensión profundidad se puede proyectar de la vista de arriba a la vista de lado derecho, trazando una línea a 45° colocada como se muestra.

B. La dimensión profundidad se puede proyectar de la vista de arriba a la vista de lado, usando un compás y un centro común.

C. La dimensión profundidad se puede proyectar de la vista de arriba a la vista de lado, usando un compás de puntas o una escala.

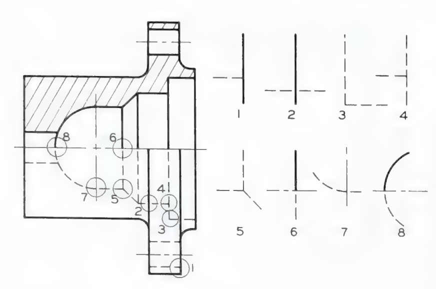


Fig. 5-39. Normas para la intersección de líneas en dibujo de ingeniería.

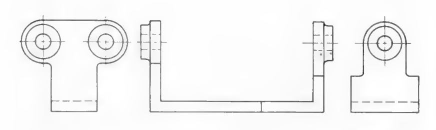


Fig. 5-40. Disposición aceptable para esas vistas cuando se omiten las líneas invisibles innecesarias.

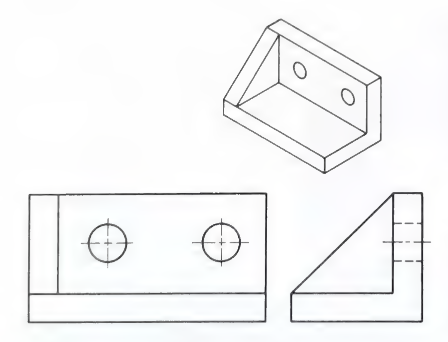


Fig. 5-41A. Objeto que sólo necesita dos vistas para su descripción correcta

en la vista de arriba y se proyecta a la vista de frente. La forma circular de la vista de lado se bosqueja usando líneas de eje y de construcción como guías para trazar el arco. En el paso 3 se oscurecen las líneas con la intensidad apropiada para completar las vistas. Se han marcado las vistas y las dimensiones *W*, *D* y *H* se han indicado entre vistas como se muestra.

En la fig. 5-37 se muestra una posición alternativa para disponer la vista de lado, en un dibujo en tres vistas. Cuando la vista de lado se proyecta directamente de la vista de arriba, como se muestra, el bosquejo necesita menos ancho y se hace mejor uso del espacio disponible. Con cualquier localización que se escoja, la vista de lado derecho se dibuja exactamente igual, con la única diferencia de la disposición.

Probablemente, el lector habrá notado que la dimensión profundidad no se puede proyectar directamente a las vistas de lado como sí se puede proyectar el ancho de la vista de arriba a la vista de frente. En la fig. 5-38 se muestran tres métodos que se pueden usar para transportar la dimensión profundidad de la vista de arriba a la vista de lado derecho. Cualquiera de estos métodos se puede utilizar, pero se prefiere el método indicado en *C* donde se ha usado el compás de puntas.

5-18 TECNICAS DE INTERSECCION DE LINEAS

Las vistas ortogonales frecuentemente están compuestas de intersecciones de líneas visibles e invisibles, como se muestra en la fig. 5-39. Es costumbre que se sigan procedimientos normalizados para unir estas líneas y obtener los mejores resultados. En la figura aparecen ejemplos ampliados de estas intersecciones. Estas convenciones para mostrar intersecciones, que se fundan en la apariencia y en la funcionalidad, han llegado a ser normas y deben usarse en cuanto sea posible.

5-19 DIBUJOS EN DOS VISTAS

Algunos dibujos se pueden hacer en forma adecuada en dos vistas que muestren la forma

del objeto o la información que se quiere comunicar con ellas.

En algunos casos, se pueden omitir las líneas invisibles para dar una descripción más clara de un objeto. Un ejemplo de este tipo de dibujo se da en la fig. 5-40, en donde se hubiera podido utilizar una vista de frente y una vista de lado, pero las líneas invisibles hubieran hecho confusa la interpretación de una vista. Se usaron dos vistas de lado y las líneas invisibles e innecesarias se omitieron.

El objeto que aparece en la fig. 5-41A se describe completamente en dos vistas, lo que hace innecesaria la tercera vista. Asimismo, las vistas de arriba y de frente de la parte de la fig. 5-41B son suficientes para describirla totalmente. La eliminación de una vista innecesaria disminuye el esfuerzo y el tiempo de dibujo.

Cuando se seleccionan vistas para un dibujo de vistas múltiples, lo más aconsejable es escoger las vistas que tengan el menor número de líneas invisibles, para dar una mejor representación del objeto. Un ejemplo de esto es la fig. 5-42, donde la vista del lado derecho se prefiere a la del lado izquierdo, que tiene muchas líneas invisibles.

Cuando es posible, se aceptan algunos métodos convencionales para disminuir el tiempo de dibujo. La fig. 5-43 es un ejemplo de una vista media que describe perfectamente la forma cilíndrica de la parte. Cuando se emplean vistas medias, la mitad que se dibuja debe ser la más cercana a la vista adyacente. Esta disposición ofrece una relación más directa entre las dos vistas. La parte de atrás de la vista media está cortada por una línea de eje, y no por una linea llena, para indicar así que es una vista media convencional. Otro método convencional en el dibujo de dos vistas se ilustra en la fig. 5-44, en la que una parte inclinada se ha rotado a una posición horizontal en la vista de frente. Esta rotación permite una proyección verdadera a la vista de arriba,

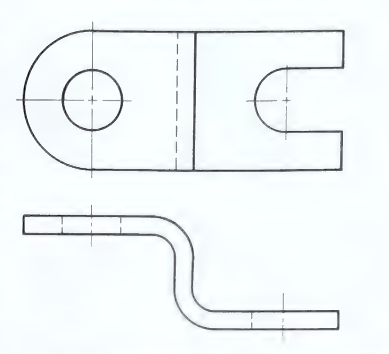


Fig. 5-41B. Objeto que sólo necesita dos vistas para su descripción correcta

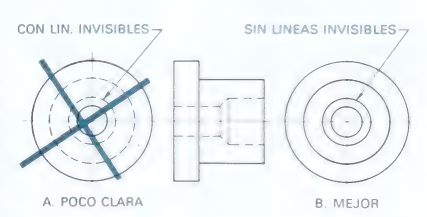


Fig. 5-42. Las vistas deben escogerse para evitar en lo posible las líneas invisibles

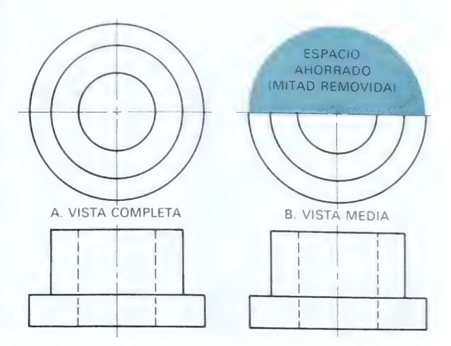


Fig. 5-43. Las formas cilíndricas o simétricas pueden dibujarse como vistas medias para economizar espacio y tiempo de dibujo. La parte media, que se omite, es la que está más alejada de la vista adyacente.

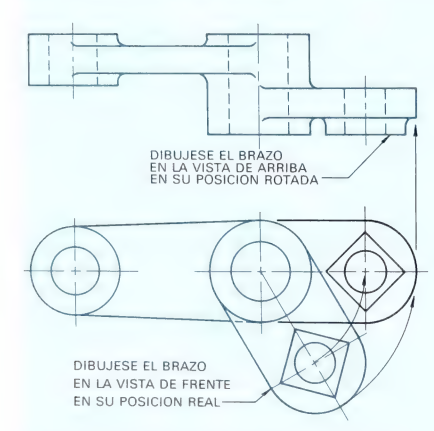


Fig. 5-44. Un método convencional para dibujar la vista de arriba de una parte de este tipo es rotarla hasta que sea colineal con el miembro horizontal.

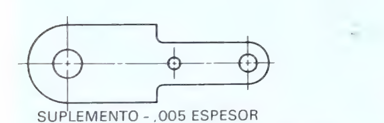


Fig. 5-45A. Parte que sólo exige una vista para describirla apropiadamente. (Cortesía de ANSI; Y14.3-1957.)

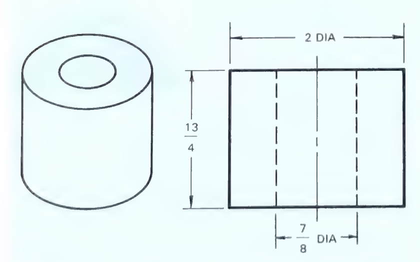


Fig. 5-45B. Un cilindro puede describirse con solo una vista. Obsérvese que la abreviación DIA se usa para hacer resaltar su forma circular.

que describe mejor el objeto que un dibujo convencional de tres vistas.

5-20 DIBUJOS EN UNA VISTA

Las partes construidas con lámina metálica y otros materiales de espesor constante pueden describirse con una sola vista y una nota que indique el espesor. La fig. 5-45A es un ejemplo de este tipo de dibujo. Otros objetos que necesitan una sola vista son: tuercas, tornillos y formas cilíndricas (fig. 5-45B). Las vistas rectangulares se acompañan de notas que especifiquen los espesores o diámetros.

5-21 TRAZADO DE CURVAS

No todos los dibujos están formados por rectas y planos. Frecuentemente, es necesario trazar una curva irregular en una vista de un dibujo.

En la fig. 5-46 se muestra un ejemplo del trazado de una curva. Las vistas de frente y lado están completas pero la de arriba no. En el paso 1 y a partir de la vista de frente se proyecta una serie de puntos a la vista de lado y se los numera. En el paso 2, y a partir de las vistas de frente y lado, se proyectan los puntos 1, 2 y 3 a la vista de arriba para localizar en ésta los puntos correspondientes. En el paso 3 se proyectan a la vista de arriba los puntos 3, 4 y 5. A continuación, se unen los cinco puntos mediante una curva irregular para completar el dibujo.

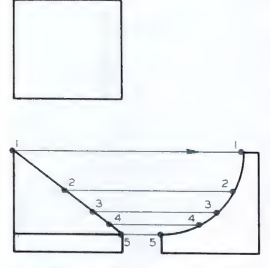
Esta misma técnica se empleó para encontrar la vista elíptica del agujero de la vista de arriba de la fig. 5-47. Se localizaron los puntos en las vistas dadas y se proyectaron a la vista de arriba, en la cual se unieron.

Cuando los puntos están más cercanos entre sí, se obtiene mayor precisión.

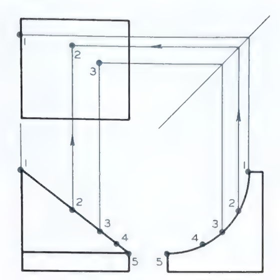
5-22 INTERSECCIONES CONVENCIONALES

Con el propósito de obtener mayor claridad, a veces es necesario utilizar algunos métodos que pueden violar las reglas estrictas de la proyección ortogonal. La violación de las reglas para hacer más claro un dibujo se llama *método convencional*. En los párrafos siguien-

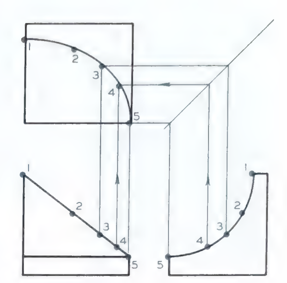
FIG. 5-46. TRAZADO DE LINEAS CURVAS



Paso 1: Para trazar curvas en vistas ortogonales, empiece por localizar y numerar puntos en dos vistas.



Paso 2: Proyecte las dos vistas de cada punto hacia la tercera vista, en la cual la intersección de las líneas de proyección localiza los respectivos puntos.



Paso 3: Todos los puntos se proyectan de igual forma y se unen con una curva irregular.

tes se estudiarán algunos ejemplos de métodos convencionales.

En vistas ortogonales es difícil ver muchas de las líneas de intersección entre planos porque sus uniones son redondeadas. En la figura 5-48 se muestran las aristas redondeadas interior y exteriormente, tal como generalmente se presentan en partes metálicas. Un *redondeado* es una arista exterior redondeada; un *filete* es una arista interior redondeada. Los filetes y redondeados incrementan la resistencia de una pieza, son fáciles de ejecutar y hacen que ésta sea más atractiva.

En la fig. 5-49 se muestran cuatro ejemplos en los cuales se han dibujado las vistas de frente con y sin filetes. Obsérvese que en la intersección entre planos sin filetes se han dibujado líneas rectas de intersección. Donde hay filetes, la línea de intersección en el punto de tangencia en cada problema termina con una línea curva llamada acordonamiento. Un acordonamiento se dibuja como se indica en la fig. 5-50.

El acordonamiento se dibuja con radio igual al del filete. La longitud del arco de acordonamiento es un octavo de circunferencia. Para llevar a cabo esta construcción se puede utilizar una escuadra de 45° como se muestra en la fig. 5-50.

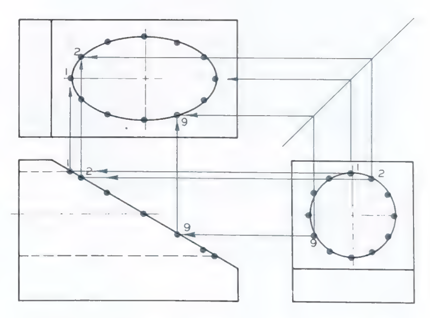


Fig. 5-47. La forma elíptica del agujero en la vista de arriba se obtuvo por medio de puntos.

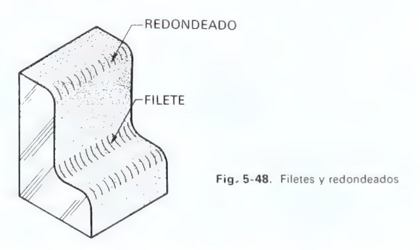


Fig. 5-48. Filetes y redondeados

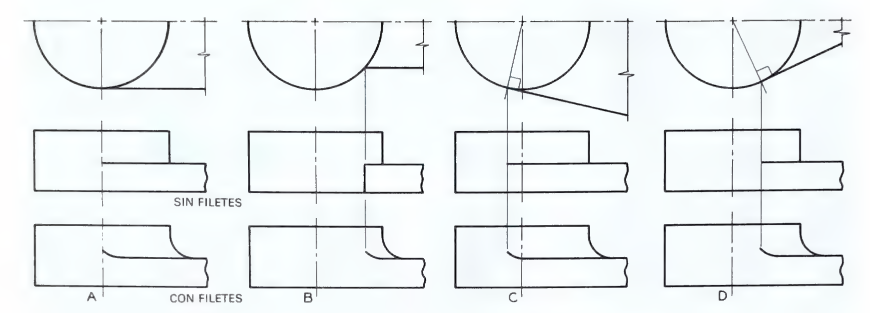
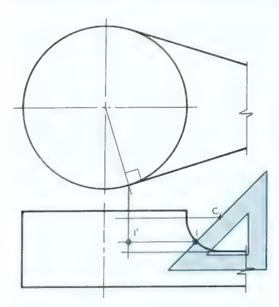


Fig. 5-49. Ejemplos de intersecciones entre partes de objetos con y sin filetes.

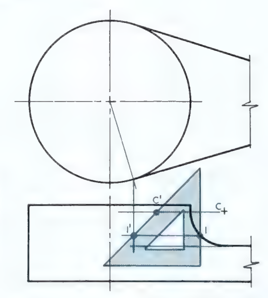
El dibujante encontrará que la mayoría de las piezas de fundición tienen filetes y redondeados en varias aristas. Constituye una gran ayuda el que en sus dibujos aparezcan estas características que, de otra manera, pasarían desapercibidas. Una parte de la fig. 5-51A se ha diseñado de manera que tenga filetes y redondeados en todas las aristas, como se muestra en el bosquejo en perspectiva. Las vistas de frente y arriba muestran cómo se han dibujado los filetes y sus respectivos acordonamientos, que pueden ser aproximados a ojo en vez de efectuar el tedioso proceso de construcción para cada punto. Se puede emplear una plantilla de circunferencias con ventajas para dibujar acordonamientos con la consiguiente economía de tiempo de dibujo.

El lector podrá observar que el objeto que

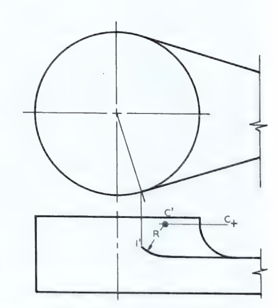
FIG. 5-50. TRAZADO DE UN ACORDONAMIENTO



Paso 1: El punto de tangencia entre la parte circular y la arista se encuentra en la vista de arriba y se proyecta a la vista de frente. Para hallar el punto 1, que debe proyectarse para situar el punto 1', se emplea una escuadra de 45°.



Paso 2: Para localizar el punto *C'*, que se encuentra sobre la línea de proyección que parte del centro del filete, se usa una escuadra de 45°.



Paso 3: El acordonamiento se dibuja con centro en *C'* y radio igual al del filete. El arco de acuerdo es igual a un octavo de circunferencia.

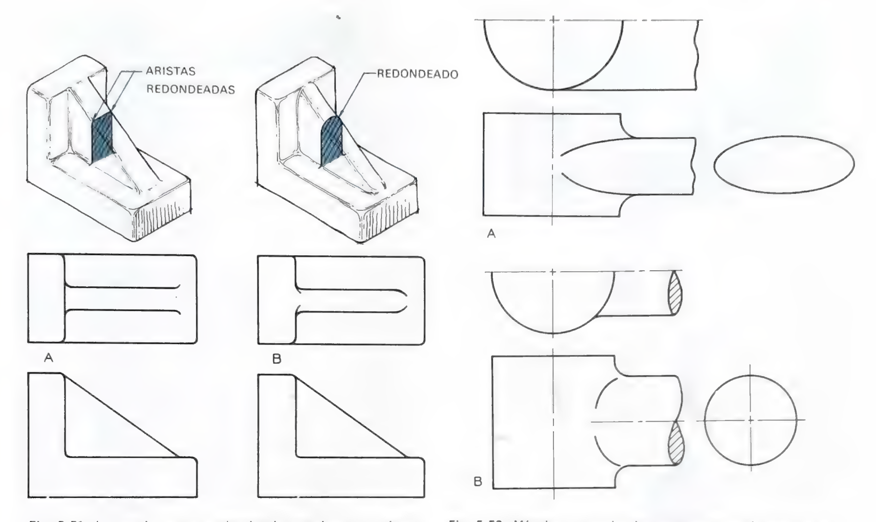


Fig. 5-51. Intersecciones convencionales de nervaduras con aristas redondeadas (A) y nervaduras de sección transversal completamente redondeada (B).

Fig. 5-52. Métodos convencionales para representar intersecciones entre formas elípticas y cilíndricas. Estas intersecciones se dibujan aproximadamente.

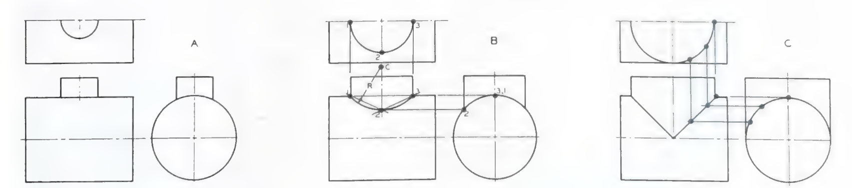


Fig. 5-53. Intersecciones convencionales de formas cilíndricas.

aparece en la fig. 5-51B varía respecto al del ejemplo A. En este caso, la nervadura tiene una sección transversal redondeada y no exactamente aristas redondeadas. En este caso, los acordonamientos aparecen de manera diferente para que sus características puedan reconocerse por inspección de las aristas de arriba y de frente.

Algunas partes se diseñan de manera que sus secciones sean elípticas o transversales. En la fig. 5-52 se muestran dos ejemplos con filetes en las intersecciones. En la parte A, el miembro horizontal es de sección transversal elíptica e interseca al cilindro vertical. La línea de intersección es aproximadamente la que se muestra mediante la curva irregular.

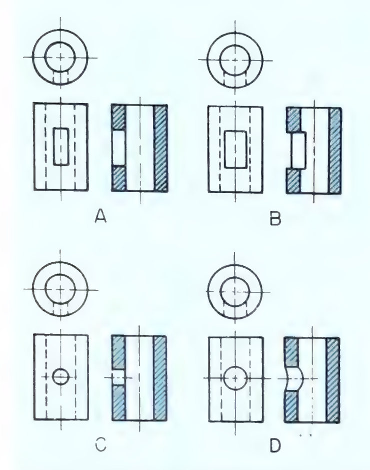


Fig. 5-54. Intersecciones convencionales de huecos en volúmenes cilíndricos. Las vistas con rayado representan secciones transversales de los objetos.

En la parte B, los dos miembros son cilíndricos. Como la intersección es redondeada, no habrá arista viva de intersección. Para aproximar la intersección, sólo se han dibujado líneas parciales de una curva irregular como se muestra en la figura.

Cuando se intersecan cilindros, sin filetes, la línea de intersección será visible, como se ilustra en los ejemplos de la fig. 5-53. Tal como se muestra en la parte A, cuando un cilindro relativamente pequeño interseca un cilindro grande, no se presta atención al trazado de la línea de intersección y sólo se dibuja una intersección convencional. Cuando se intersecan cilindros de tamaño aproximadamente igual (parte B), la línea de intersección se dibuja como un arco que pasa por los puntos 1, 2 y 3. El centro del arco se encuentra trazando las perpendiculares por los puntos de bisección de las curvas 1-2 y 2-3 y prolongándolas hasta que se corten. La intersección de la parte C es una proyección verdadera, ya que los cilindros son de igual diámetro y se intersecan de esta manera. Se han localizado puntos para ilustrar el método para encontrar la línea de intersección.

En la fig. 5-54 se muestran algunos métodos convencionales para ilustrar la intersección de huecos circulares y rectangulares en volúmenes cilíndricos. Cuando el hueco es angosto o pequeño, como en las partes A y C, la intersección aparece como un hueco en la pared exterior del cilindro. Un hueco rectangular ancho se dibujará convencionalmente, tal como se muestra en la parte B. Un hueco circular de tamaño medio que interseca a un cilindro debe construirse con arcos circulares que pasen por tres puntos, tal como se muestra en la parte D. La construcción de este ejemplo es parecida a la de la parte B de la figura 5-53.

Las intersecciones aquí tratadas son aproximadas; son suficientes para muchas aplicaciones de dibujo y conllevan el mínimo gasto de tiempo. Las intersecciones exactas entre partes mayores y objetos fabricados de pedazos de lámina se estudiarán en el capítulo 11. Las intersecciones exactas deben trazarse punto por punto.

5-23 METODOS CONVENCIONALES

Como se definió anteriormente, un método convencional es un método para preparar un

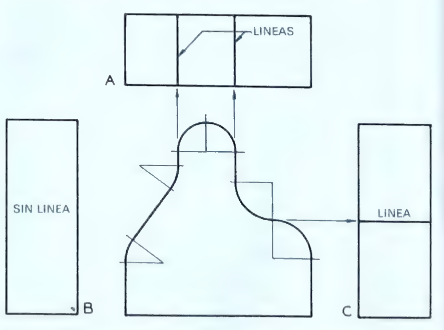


Fig. 5-55. Ejemplos del uso de líneas visibles para completar una vista.

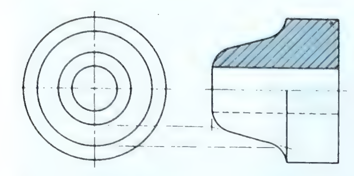


Fig. 5-56. Proyección convencional de aristas redondeadas en vistas y secciones. (Cortesia de ANSI; Y14.2-1957.)

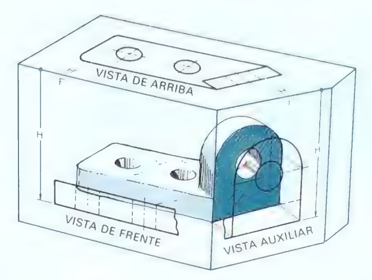


Fig. 5-57A. Perspectiva que muestra la relación entre los planos de proyección utilizados para encontrar el tamaño verdadero del plano inclinado.

dibujo, el cual se considera efectivo aun cuando se aleje de las reglas estrictamente establecidas. Muchos de estos métodos convencionales se describen en las normas de dibujo, pero en algunas situaciones el dibujante necesita de su propio juicio para elaborar el dibujo más fácil de interpretar. En la fig. 5-53 se da un ejemplo de métodos convencionales. En general, cuando se intersecan planos con una curva grande, la línea de intersección entre los planos no es visible al ojo humano y entonces no aparece ninguna línea de intersección (parte B). En la parte A se muestran dos líneas que representan los dos planos verticales que aparecen de filo en la vista de arriba. La vista de la parte C tiene una sola línea que representa el punto en el cual los dos arcos del objeto son tangentes. Esta intersección forma un plano horizontal bastante angosto que se debe mostrar con una línea.

En la fig. 5-56 se muestra un método convencional para dibujar partes con intersecciones curvas. Puesto que no hay intersecciones vivas en las aristas del objeto, aplicando estrictamente las reglas, en la vista circular no debería aparecer ninguna línea. Si se siguiera esta regla, la vista circular no sería muy descriptiva, razón por la cual se usa un método convencional. En la vista de lado derecho se dibujan las aristas imaginarias como si no fueran redondeadas, y estas intersecciones imaginarias se proyectan sobre la vista circular donde se

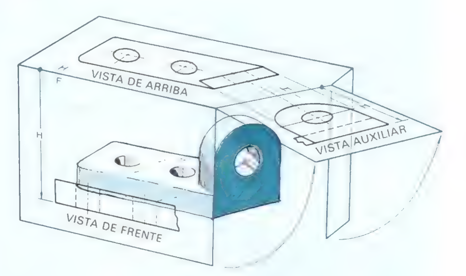


Fig. 5-57B. Los planos de proyección se rebaten hasta formar un plano común que representa el plano del papel de dibujo.

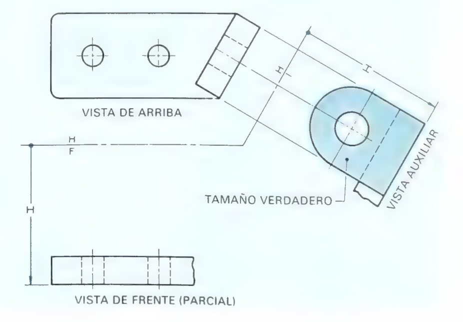
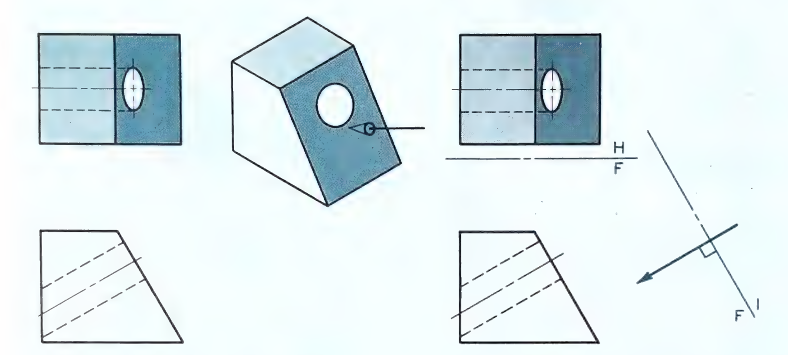
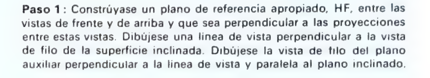


Fig. 5-57C. Construcción de una vista auxiliar del objeto que aparece en las figs. 5-57A y 5-57B, tal como apareceria en su papel de dibujo.

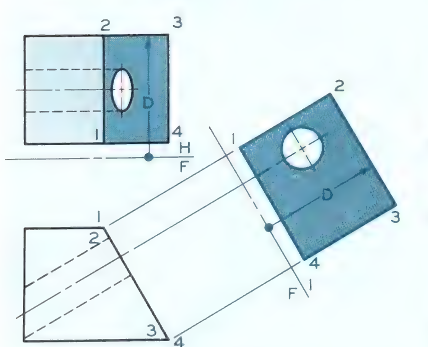
FIG. 5-58. CONSTRUCCION DE UNA VISTA AUXILIAR SIMPLE.



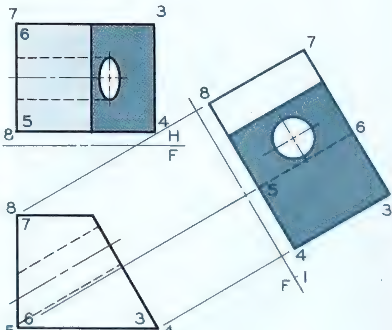
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de un bloque con una superficie inclinada, que aparece de filo en la vista de frente.
Se necesita: Encontrar el tamaño verdadero de la superficie inclinada.
Referencia: Sección 5-24.



Paso 1: Constrúyase un plano de referencia apropiado, HF, entre las vistas de frente y de arriba y que sea perpendicular a las proyecciones entre estas vistas. Dibújese una línea de vista perpendicular a la vista de filo de la superficie inclinada. Dibújese la vista de filo del plano auxiliar perpendicular a la línea de vista y paralela al plano inclinado.



Paso 2: Numérense los puntos de la superficie inclinada en las vistas de frente y de arriba. Proyéctense estos puntos a partir del filo inclinado hacia el plano auxiliar. Llévense las dimensiones del plano HF al plano de la vista auxiliar; v.gr.: la dimensión *D*. Unanse estos puntos para obtener el tamaño verdadero de la superficie.



Paso 3: Numérense los restantes puntos del objeto en las vistas de arriba y de frente y proyéctense a la vista auxiliar para completar el objeto. La línea 5-6 es invisible. Mídanse todas las dimensiones perpendicularmente al plano de referencia utilizado.

dibujan circunferencias que representan las intersecciones. En la vista de lado derecho se dibujan líneas suaves para localizar las aristas imaginarias.

5-24 VISTAS AUXILIARES SIMPLES

Las vistas auxiliares simples son una forma de proyección ortogonal, puesto que son proyectadas perpendicularmente sobre planos de proyección. Se les llama proyecciones auxiliares porque no están en las posiciones principales, sino inclinadas respecto al plano principal y aparecen de filo en alguna vista principal. En la fig. 5-57A se da un ejemplo. Se ha colocado una superficie de manera que aparezca inclinada respecto al plano frontal y perpendicular al horizontal, en el cual aparece de filo. La verdadera forma y magnitud de esta superficie se puede ver en una vista auxiliar simple proyectada sobre un plano paralelo a la superficie inclinada a partir de una vista principal. Este plano se llama plano auxiliar. En la fig. 5-57B, el plano auxiliar se ha rebatido hasta quedar coplanar con el plano horizontal. Debe observarse la nomenclatura utilizada para marcar los planos de proyección. En cada línea de doblez, se colocan letras que indican la intersección de los planos principales. La línea de doblez entre los planos horizontal y frontal se marca H-F. La intersección entre el plano horizontal y el auxiliar se marca H-1. Estas denominaciones se pueden ver en la figura 5-57C, en la cual el dibujo se ha construido con la disposición de las vistas múltiples ortogonales.

El plano de referencia HF se traza entre las dos vistas dadas, las cuales se usarán para construir la vista auxiliar. Este plano siempre se dibujará perpendicular a las proyecciones entre las dos vistas consideradas. La vista de filo del plano auxiliar, HI, se localiza paralela a la vista de filo del plano inclinado al cual se le va a averiguar su tamaño verdadero en la vista auxiliar. Este plano también representa la vista de filo del plano horizontal de referencia a partir del cual se deben tomar las medidas de alturas que se van a llevar a partir de la vista de frente con respecto al mismo plano H-F. Haciendo referencia a la perspectiva de la fig. 5-57A, se observa que la distancia H respecto al plano horizontal, que es común tanto a la vista de frente como a la auxiliar, es igual en ambas vistas. Estas medidas se llevan de la vista de frente a la auxiliar con un compás de puntas para localizar puntos importantes. Este procedimiento producirá una vista auxiliar completa en la cual la superficie inclinada aparecerá en su tamaño verdadero.

La vista auxiliar se ha dibujado parcialmente, ya que el resto del objeto está completamente descrito en las vistas de frente y arriba. La vista de frente también es una vista parcial, puesto que la superficie inclinada tiene huecos circulares que aparecerían elípticos en esta vista; estos huecos no sólo son difíciles de dibujar, sino que además es difícil medirlos en esta vista porque no aparecen en verdadera magnitud; en consecuencia, esta parte se ha removido, utilizando las líneas convencionales de rasgado, tal como se muestra. La visualización de todo el objeto exige un análisis simultáneo de las tres vistas.

En la fig. 5-58, se muestran los pasos sucesivos seguidos para construir una vista auxiliar simple de un objeto, a partir de la vista de frente. Se pueden seguir estos mismos pasos para construir cualquier vista auxiliar, sin tener en cuenta qué vista se está proyectando.

En la fig. 5-59, se ve un ejemplo de un objeto completamente descrito con vistas parciales: la de frente y una auxiliar, y la vista lateral derecha. En este caso, el plano de referencia utilizado para la construcción del plano auxiliar de referencia se traza a través del centro de la superficie inclinada, pues se sabe que ésta es simétrica. Sería completamente imposible construir la vista auxiliar a partir de las dos vistas conocidas sin conocer la forma de la superficie inclinada, ya que la vista de frente es parcial. La vista de frente de la parte inclinada, que aparece distorsionada en la vista de frente, sería necesaria para localizar puntos sobre ella; a partir de estos puntos se puede construir la vista auxiliar. Como una vista distorsionada es confusa y difícil de cons-

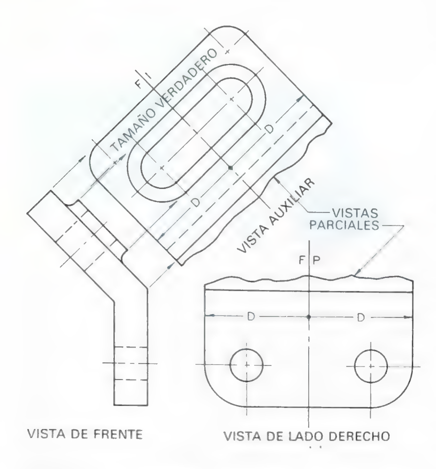


Fig. 5-59. Construcción de las vistas principales y una auxiliar parcial para describir un objeto.

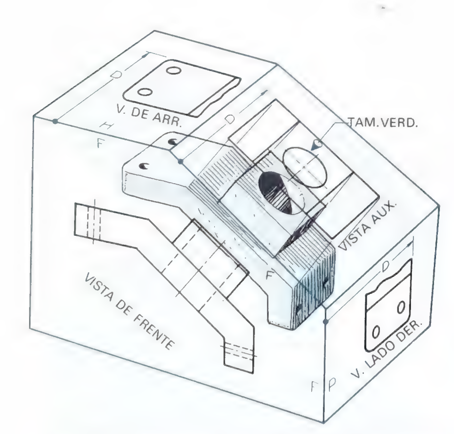


Fig. 5-60A. Perspectiva que muestra las relaciones entre los planos de proyección utilizados para encontrar el tamaño verdadero del plano inclinado.

truir, generalmente se omite, como se hizo en este ejemplo.

En la fig. 5-60A se muestra en perspectiva la vista auxiliar de un objeto, proyectada a partir de la vista de frente. El plano frontal se usa como plano de referencia y la dimensión de profundidad es la misma en las vistas auxiliar, de arriba y del lado derecho. Cuando se dibujan sobre el plano del papel, las vistas principales y la auxiliar aparecen como se muestra en la fig. 5-60B.

La vista auxiliar es una vista del plano inclinado en tamaño verdadero, el cual se puede medir para localizar el hueco circular. En esta vista puede dibujarse fácilmente el hueco, puesto que aparece como un círculo verdadero. Las vistas de arriba y del lado derecho se han dibujado parcialmente.

En la fig. 5-61 se muestra una vista auxiliar de un objeto que tiene un borde curvo. La construcción de la vista auxiliar simple, proyectada a partir de la vista de frente, se encuentra localizando una serie de puntos que pertenezcan a la curva y luego proyectándolos sobre la vista auxiliar. Estos puntos se pueden unir con una curva irregular para obtener la forma verdadera de la superficie inclinada.

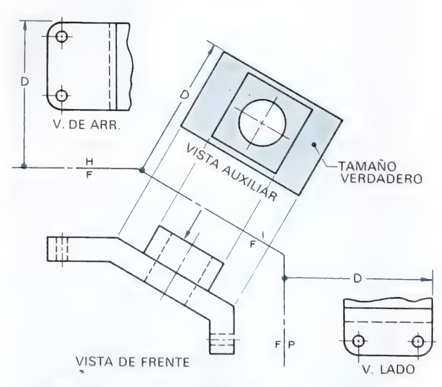


Fig. 5-60B. Construcción de una vista auxiliar del objeto de la figura 5-60A, conforme aparecería en su papel de dibujo.

El problema que se ilustra en la fig. 5-62 es el del trazado de una curva en una vista auxiliar que se construyó con el mismo procedimiento utilizado en la fig. 5-61. En este caso, la superficie inclinada aparece de filo en la vista de frente, lo que permite construir una vista auxiliar en tamaño verdadero, proyectada a partir de la vista de frente. Puesto que el objeto es simétrico, se construye un plano de referencia que pasa por su centro. Se localizan puntos sobre la vista de filo de la superficie inclinada y se proyectan sobre la vista de lado. Cada punto de la vista de frente se proyecta a continuación sobre la vista auxiliar y se localiza llevando las distancias A y B al plano de referencia de la vista auxiliar, respecto al plano de referencia de la vista de lado.

5-25 VISTAS AUXILIARES SECUNDARIAS

Cuando una superficie está inclinada respecto a todos los planos principales y no aparece de filo en ninguna vista principal, debe construirse una vista auxiliar secundaria para encontrar la forma verdadera de la superficie. La fig. 5-63 es un ejemplo de una vista auxiliar simple. Estas dos vistas son formas de proyección ortogonal, puesto que están proyectadas perpendicularmente sobre planos de proyección perpendiculares con líneas de proyección paralelas. Algunas líneas invisibles que no se consideran importantes no aparecen en la vista auxiliar secundaria. La teoría sobre la proyección de este tipo de vistas se explicará con

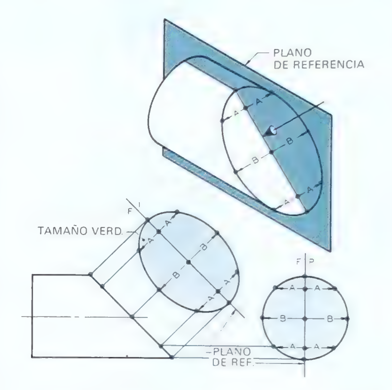


Fig. 5-62. Construcción de una vista auxiliar de un objeto que exige la localización de una serie de puntos. Puesto que el objeto es simétrico, el plano de referencia se hace pasar por su centro.

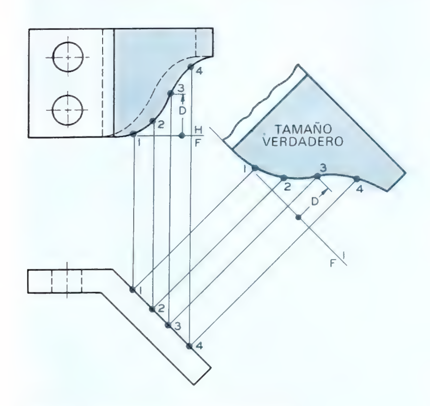


Fig. 5-61. Vista auxiliar de una curva irregular.

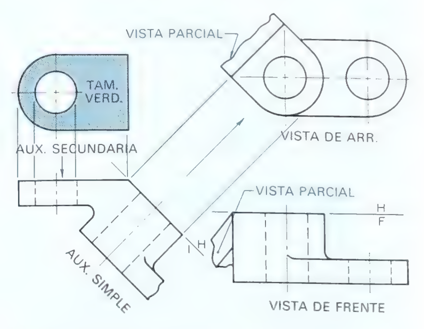


Fig. 5-63. Ejemplo de una vista auxiliar secundaria proyectada a partir de una vista auxiliar simple parcial.

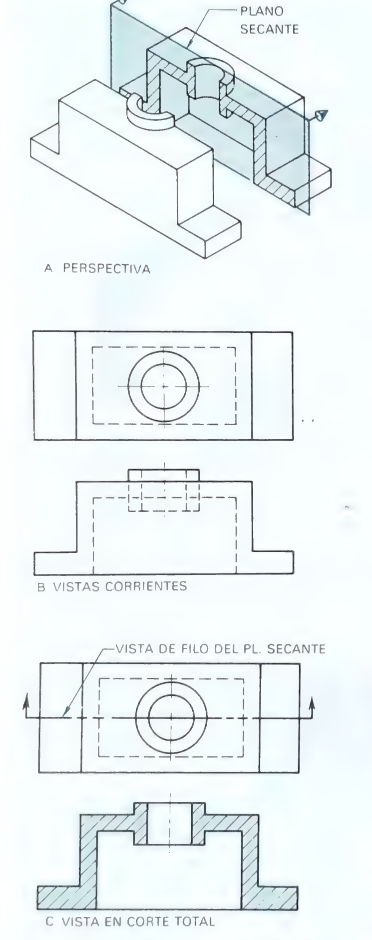


Fig. 5-64. Comparación entre una vista convencional y una vista en corte total de un objeto, para mostrar tanto su interior como sus características externas

más detalle en el capítulo 9, junto con la solución de problemas espaciales. La sección 9-2 da un ejemplo, paso por paso, de la construcción de una vista auxiliar secundaria de un sólido. Otros ejemplos que se dan en este capítulo ilustran la construcción de vistas auxiliares sucesivas de líneas y planos en el espacio.

5-26 CORTES

Las vistas ortogonales convencionales pueden no comunicar claramente la forma y detalles de una parte determinada porque cuando existe un gran número de intersecciones, éstas tienden a confundir la representación. Esto es especialmente cierto cuando se proyectan las partes interiores con líneas invisibles. Un ejemplo de esto se da en la perspectiva de la fig. 5-64A. Aunque esta parte es relativamente sencilla, una completa descripción de su forma y características internas requiere un mayor estudio de las vistas dadas. En la figura 5-64 se dan las vistas de arriba y de frente de esta parte.

Un método convencional para describir partes de este tipo es el empleo de *cortes*. Un corte es un plano secante imaginario que se emplea para mostrar secciones transversales representativas que den una mejor descripción de un objeto. En la vista 5-64A se muestra la perspectiva de un plano secante que pasa a través de un objeto. Las flechas indican la dirección de la línea de vista, con la cual se mirará la parte restante una vez que se haya quitado la porción del frente. La figura 5-64C muestra cómo aparece la vista del corte cuando se ha dibujado correctamente. La porción de material cortada por el plano secante se ha rayado para mostrar que la vista es un corte. Este es un *corte total*, ya que el plano secante pasa completamente a través del objeto. La localización del plano secante imaginario se muestra en la vista de arriba con una línea gruesa interrumpida a intervalos con dos líneas cortas: las flechas se dibujan perpendiculares a esta línea en cada extremo. El plano secante se muestra únicamente cuando aparece de filo.

En la vista en corte de la fig. 5-64, las líneas colocadas detrás del plano secante aparecen visibles aun cuando el plano no pase por ellos. Estas líneas se muestran para ofrecer una descripción más completa. En las vistas en corte generalmente se omiten las líneas invisibles, excepto cuando su inclinación se considera absolutamente necesaria para obtener mayor claridad.

La fig. 5-65 muestra dos de los tipos de símbolos para representar un plano secante. Estas líneas son líneas gruesas de igual intensidad a las de las líneas del dibujo. Obsérvese que en los extremos del plano secante se pueden colocar letras para identificar la sección

1 a $\frac{3}{4}$ $\frac{1}{8}$

$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{16}$

B B

Fig. 5-65. Líneas utilizadas en cortes para representar planos secantes.

que se dibujará a un lado de la vista correspondiente y se marcará como «corte B-B».

5-27 SIMBOLOS DE CORTE

En la fig. 5-66 se muestran los símbolos normalizados, utilizados en cortes para distinguir los diferentes materiales. Estos símbolos son líneas delgadas dibujadas con instrumentos

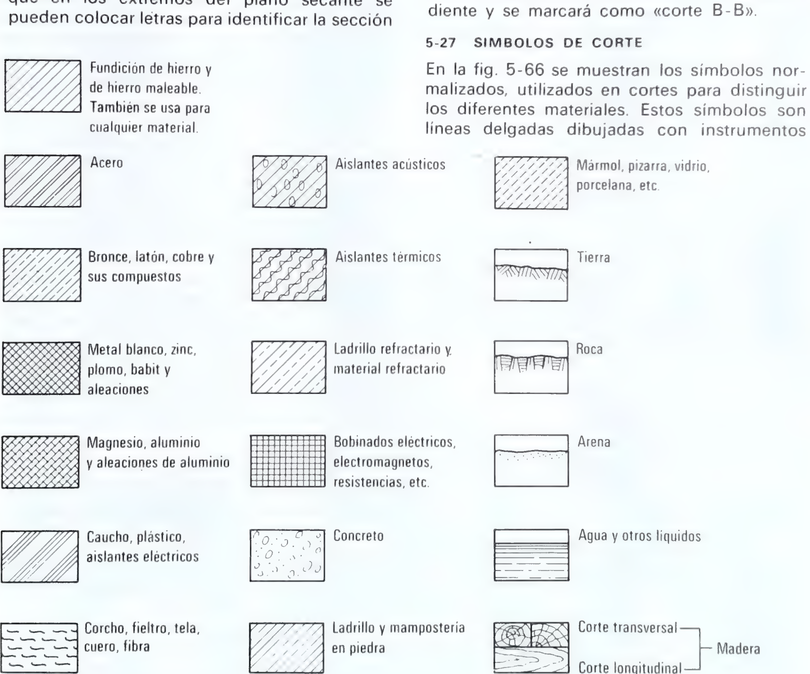
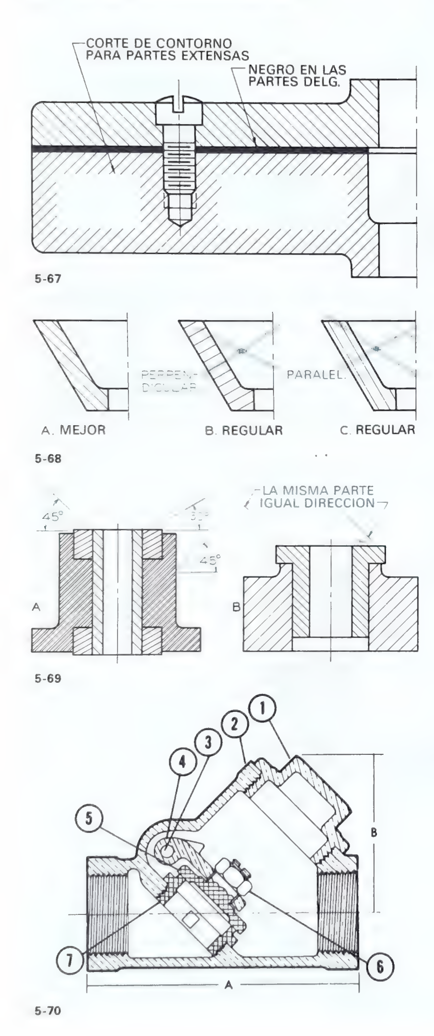


Fig. 5-66. Símbolos para rayado de planos de conjuntos. (Cortesía de ANSI, Y14.2-1957.)



y espaciadas a ojo. En los bosquejos preliminares los símbolos pueden dibujarse a mano alzada. Aunque los símbolos se pueden emplear para indicar los materiales que aparecen en un corte, es conveniente incluir notas que especifiquen estos materiales para evitar interpretaciones erróneas.

El símbolo de líneas uniformemente espaciadas de la fundición de hierro se puede usar para representar cualquier material, siempre y cuando se coloquen notas que lo identifiquen; este símbolo, generalmente se dibuja con un lápiz 2H, con líneas inclinadas 45° u otro ángulo normalizado y a distancia de 1,5 milímetros. La separación de las líneas de corte (rayado) a veces varía de acuerdo con el tamaño de la parte, de manera que, si ésta es pequeña, las líneas deberán dibujarse menos espaciadas.

Las partes extremadamente delgadas, como láminas metálicas, arandelas o empaquetaduras (fig. 5-67), se seccionan negreando completamente el área cortada sin tener en cuenta el uso de las líneas de corte. Algunas veces, los objetos grandes se cortan con un *corte de contorno*, como se muestra en la fig. 5-67. Estos cortes disminuyen el esfuerzo y el tiempo necesarios para rayar el área total. Las áreas seccionadas deben rayarse con líneas que no sean paralelas ni perpendiculares a las líneas del contorno del objeto; este tipo de líneas tratan de distorsionar el tamaño de la parte y se podrían confundir con arenamientos u otros tratamientos de maquinado de la superficie. En la fig. 5-68 se ilustra este principio.

5-28 CONJUNTOS EN CORTE

Cuando se seccionan conjuntos de muchas partes para mostrar las relaciones de las dife-

Fig. 5-67. Técnicas de cortes para partes extensas y partes delgadas.

Fig. 5-68. El rayado debe hacerse de manera que no sea ni paralelo ni perpendicular al contorno del objeto.

Fig. 5-69. El rayado de diferentes partes de un conjunto debe hacerse con varios ángulos para diferenciar las partes.

Fig. 5-70. En esta válvula cheque se han dibujado las líneas de corte en diferentes direcciones para distinguir las partes del conjunto. (Cortesía de Nibco Scott, Inc.)

rentes componentes, es indispensable dibujar el rayado con diferentes ángulos para distinguir las partes. La fig. 5-69B muestra un conjunto de cuatro partes; nótese que la elección del rayado facilita la comprensión de que las cuatro áreas representan partes separadas.

Otro ejemplo es el corte medio de la figura 5-69A, donde no sólo se ha rayado con diferentes ángulos, sino que se han empleado los símbolos para distinguir los diferentes materiales. Obsérvese en la fig. 5-69A que, aun cuando el corte muestra cada parte del conjunto en dos áreas separadas, cada una de éstas se ha rayado con igual inclinación. En la figura 7-70 se ha cortado el conjunto de una válvula y se han empleado diferentes símbolos para distinguir los distintos componentes del conjunto. La válvula no se podría describir claramente mediante una vista convencional.

5-29 CORTES TOTALES

En la fig. 5-63 se han presentado con anterioridad los cortes totales. Estos son vistas en corte obtenidas al pasar un plano secante de lado a lado de un objeto y removiendo la mitad de él para dar una vista de sus partes internas. Un ejemplo de esta clase aparece en la fig. 5-71; en este caso, en la vista de frente se ha omitido la línea indicativa del plano secante, ya que es obvio que el plano cortó totalmente para producir la vista derecha en corte. Este es un método convencional que puede emplearse para evitar construcciones innecesarias.

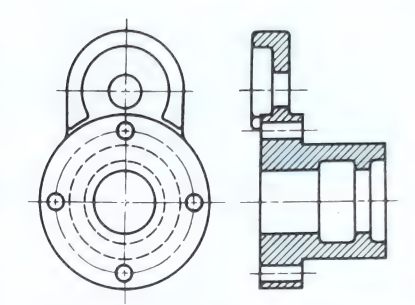
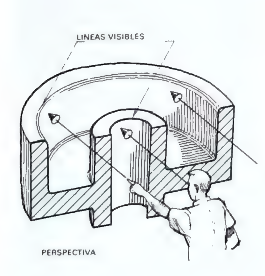
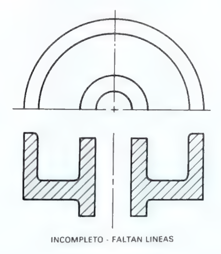


Fig. 5-71. Sección total. (Cortesía de ANSI; Y14.2-1957.)

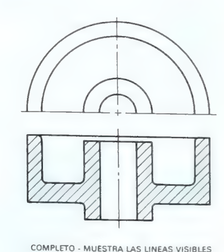
En la fig. 5-72A se muestra en perspectiva un corte total de una parte cilíndrica; en este caso, el plano secante atravesó totalmente el objeto, separando la mitad de éste. Un error muy común en la construcción de vistas en corte es la omisión de líneas visibles situadas por detrás del plano secante (parte B). En un dibujo correcto de la vista deberán mostrar-



A. Cuando se toma un corte total de un objeto se ven las líneas colocadas por detrás del área cortada.



B. Si sólo se muestra el área cortada, la vista aparecerá incompleta.



C. También se deben mostrar las líneas que aparecen por detrás del corte.

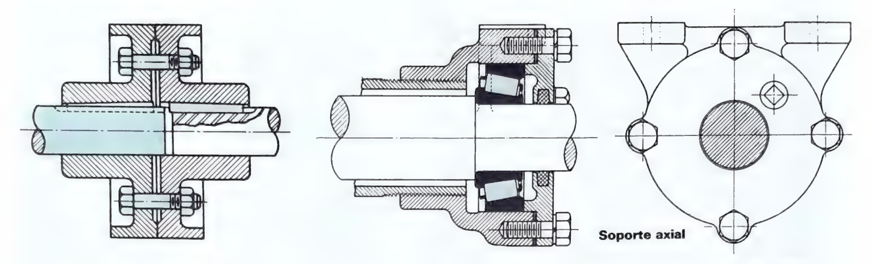


Fig. 5-73A. Partes no rayadas en un conjunto: árboles, chavetas, tornillos y tuercas. (Cortesía de ANSI; Y14.2-1957.)

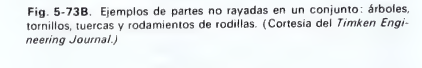


Fig. 5-73B. Ejemplos de partes no rayadas en un conjunto: árboles, tornillos, tuercas y rodamientos de rodillas. (Cortesía del *Timken Engineering Journal.*)

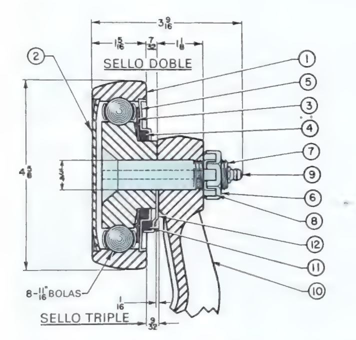


Fig. 5-73C. Ejemplo de partes no rayadas en un conjunto: tuercas, tornillos y rodamientos de bolas. (Cortesía de Mechanical Handling Systems, Inc.)

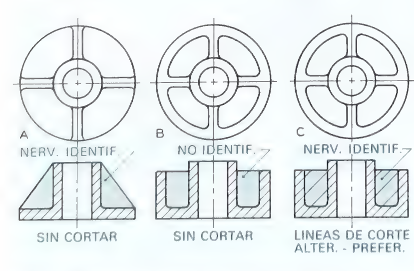


Fig. 5-74. Métodos para mostrar nervaduras en corte.

se las líneas situadas por detrás del plano secante, tal como aparece en la parte C. Obsérvese que las líneas invisibles se omiten, puesto que no agregan nada a la claridad del dibujo.

5-30 PARTES NO SECCIONADAS

Puede obtenerse mayor claridad en los dibujos si no se rayan algunas partes normalizadas, aun cuando el plano secante las corte. Por ejemplo, la fig. 5-73A muestra un corte donde no se han rayado ni las tuercas, ni los tornillos, ni los árboles, ni las chavetas. Estas partes no tienen características interiores y el hecho de rayarlas no mejora en nada el dibujo. Otras partes que no se rayan son nervaduras, radios de ruedas, membranas, rodamientos de bolas y de rodillos, remaches, pasadores y partes normalizadas similares. El corte de la fig. 5-73B es un ejemplo de árboles, tornillos, arandelas y rodamientos de rodillos no rayados, aun cuando el plano secante los corte. Los rodamientos de bolas y otros elementos normalizados (fig. 5-73C) tampoco se rayan para hacer más asimilable la sección de este conjunto. Cuando el plano secante pasa perpendicular al eje de árboles, tornillos, remaches y membranas, las áreas de corte deben rayarse. Por ejemplo, la vista de lado derecho del árbol de la fig. 5-73B muestra rayada la sección del árbol, ya que el plano secante pasa perpendicular a su eje.

5-31 NERVADURAS EN CORTE

En la fig. 5-74 se muestran cortes totales de partes cilíndricas: las nervaduras empleadas para aumentar su resistencia aparecen cortadas por el plano secante. Las nervaduras en la parte A no se rayan, puesto que el plano secante pasa a lo largo de la nervadura y el rayado daría la impresión de que el objeto es un sólido cónico. Esta sería una impresión errónea. Si el plano secante pasa perpendicular a la nervadura, deberá rayarse, puesto que deberá mostrar su verdadero espesor.

En la fig. 5-74, parte C, se muestra un *método alternativo* para rayar nervaduras; éstas aparecen dibujadas en línea llena en la parte donde se unen a las áreas normalmente rayadas. En vez de líneas llenas, hubieran podido emplearse líneas de trazos. Cada tercera línea de rayado se prolonga a través de la nervadura para indicar que, aun cuando ha sido cortada por el plano secante, no corresponde a un cilindro sólido, sino a una nervadura. El método que aparece en la parte B, donde no se ha rayado completamente la nervadura, también es correcto. Sin embargo, en este caso particular se prefiere el método alternativo de la parte C, ya que evita que se pase por alto la nervadura, como en el caso de la parte B. Cuando el plano secante pasa perpendicular a las nervaduras, éstas deben rayarse como se muestra en la fig. 5-75. Estas vistas dan

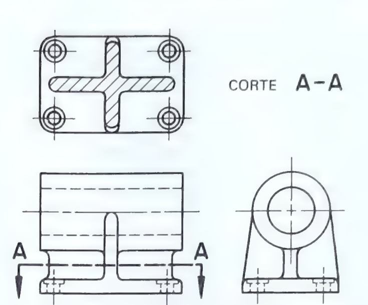


Fig. 5-75. Método de rayado de nervaduras cuando el plano secante es perpendicular a ellas. (Cortesía de General Motors Standards.)

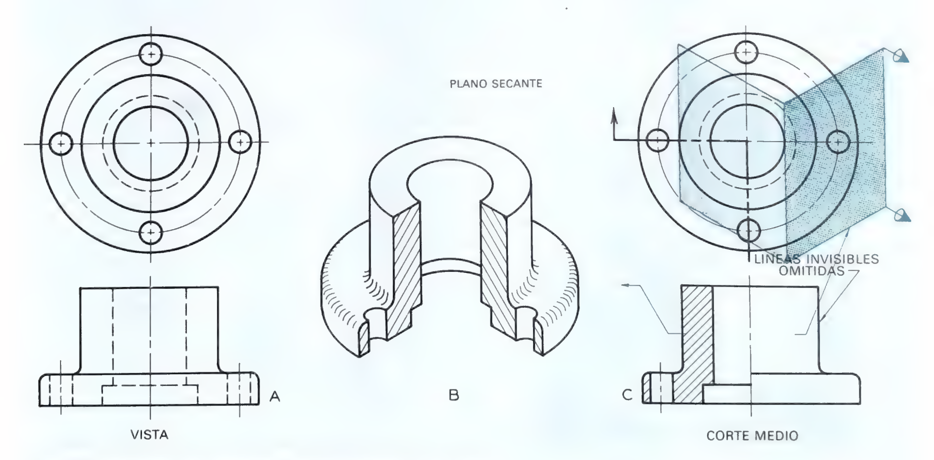


Fig. 5-76. Comparación entre vistas normalizadas del corte medio de una parte.

una verdadera impresión de la forma de la nervadura y no producen la confusión que aparece cuando el plano las corta a lo largo.

5-32 CORTES MEDIOS

Un corte medio es la vista obtenida cuando un plano secante penetra hasta la mitad de un objeto para removerle un cuadrante. Esto se ilustra en la perspectiva de la fig. 5-76, en la cual, en la parte B, se muestra el plano secante y, en la parte C, el corte resultante. La vista de un corte medio es mitad vista y mitad corte, lo cual da una representación de las características internas y externas del objeto.

En la fig. 5-76B se muestra la disposición normalizada de la vista del corte medio de la fig. 5-76A y se compara con la vista patrón de frente, que es confusa y de difícil interpretación. El corte medio da una mejor impresión del objeto, puesto que se pueden omitir algunas líneas invisibles innecesarias, ya que tanto las características internas como las externas se muestran en una misma vista. La parte de material cortada por el plano secante debe rayarse para indicar el corte. Nótese que se empleó una línea de eje en la vista en corte,

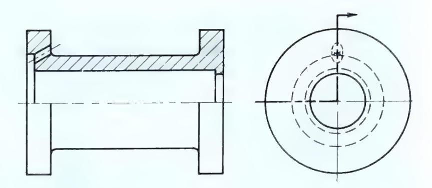


Fig. 5-77. Corte medio característico.

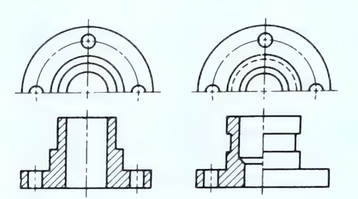
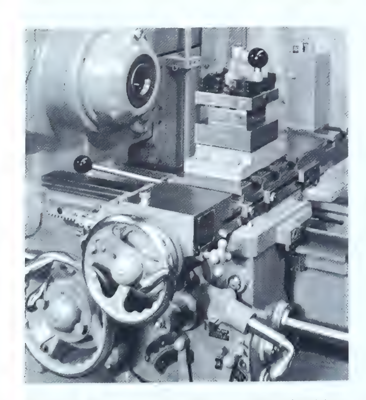


Fig. 5-78. Uso convencional de las vistas medias junto con secciones para disminuir las construcciones. (Cortesía de ANSI; Y14.2-1957.)

en vez de una línea continua, puesto que la remoción del cuadrante es imaginaria y no un corte real, en cuyo caso sí aparecería la



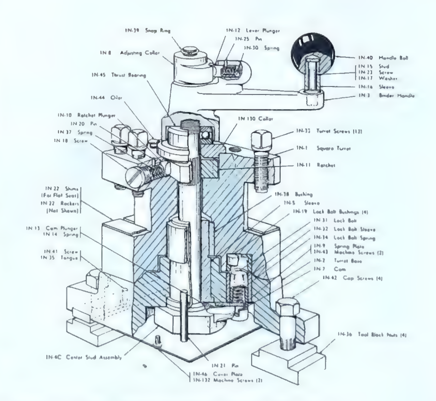
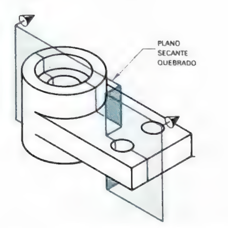
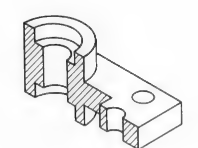


Fig. 5-79. Fotografía y corte medio en perspectiva del cono transversal de un torno. (Cortesía de Warner Swasey Company.)

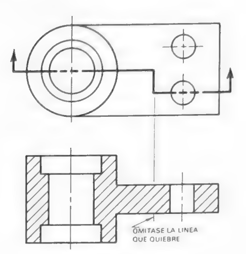
FIG. 5-80.



A. Un corte quebrado puede ser necesario para mostrar todas las características.



B. Al quitar la parte frontal, se pueden observar las características internas.



C. En un corte quebrado no se muestra la línea de quiebra del plano secante, que aparece como si fuera un plano continuo.

línea continua. En la vista de frente podría omitirse la línea del plano secante, ya que su posición es obvia en el caso de partes simétricas de este tipo. La fig. 5-77 muestra un ejemplo parecido de corte medio, en el cual no aparece el plano secante en la segunda vista; además, en la vista del corte medio aparecen las líneas invisibles, que proporcionan claridad adicional. Las líneas visibles del interior, situadas detrás del plano secante, aparecen en el corte medio, puesto que son visibles cuando, en la realidad, se ha removido el cuadrante y se mira hacia adentro.

En la fig. 5-78 se muestra cómo pueden disponerse los cortes convencionalmente, junto con vistas medias. Cuando se presentan cortes, las vistas de arriba se colocan de tal manera que la parte de la sección removida sea adyacente a la vista en corte. En la vista de arriba se utilizan líneas de eje a lo largo de la línea de partición, en lugar de líneas continuas, ya que la parte removida es imaginaria y no real.

Los cortes en perspectiva se usan con ventajas en aplicaciones especiales en las cuales se desea mejorar su comunicabilidad. El corte en perspectiva de la fig. 5-79 muestra perfectamente las partes de la torreta transversal que en la fotografía aparece montada sobre un torno. Los cortes en perspectiva son más fáciles de asimilar que los cortes en vistas ortogonales, razón por la cual se utilizan con mayor frecuencia en catálogos de partes y demás literatura preparada para el público general.

5-33 CORTES QUEBRADOS

Un *corte quebrado* es una clase de corte total en la cual el plano secante es quebrado para que pase por las principales características que aparecerían ocultas en un corte total. En la fig. 5-80 aparece un ejemplo en el cual se quiebra el plano secante para que pase a través del hueco grande y del hueco pequeño. Cuando se quita la parte cortada y se la mira en la dirección de la línea de vista, aparece como se muestra en la parte B. En la parte C se ilustra el método convencional para mostrar esta sección quebrada. Obsérvese que el quiebre formado por el plano quebrado no se muestra en la vista de frente, ya que es un corte imaginario.

En la fig. 5-81 aparece otro ejemplo de sección quebrada; aquí se aplica el mismo principio general. Obsérvese que las líneas de quiebra del plano secante no aparecen en el corte quebrado.

5-34 SECCIONES ROTADAS

La sección rotada se emplea para describir una sección transversal de una parte, eliminando la construcción de una vista completa. Por ejemplo, en la fig. 5-82 se muestran sec-

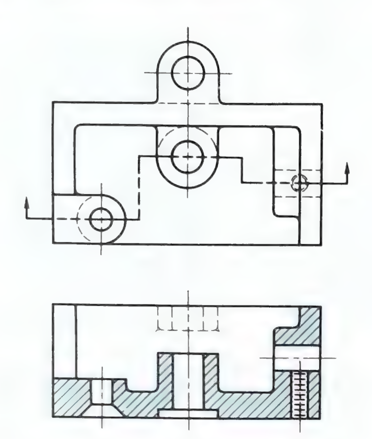


Fig. 5-81. Corte quebrado. (Cortesía de ANSI; Y14.2-1957.)

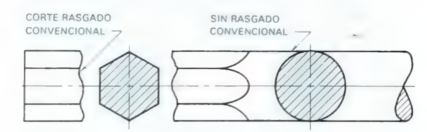


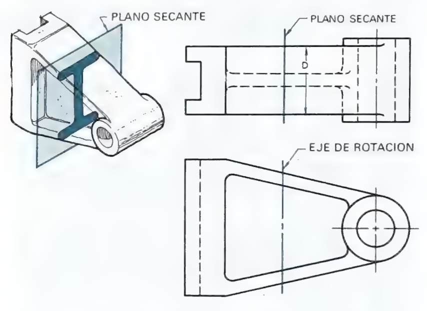
Fig. 5-82. Ejemplos de secciones rotadas con y sin rasgado convencional.

ciones rotadas para indicar la forma de la sección transversal de miembros estructurales. Las dimensiones de estas secciones rotadas podrían no haberse acotado, si fueran conocidas o aparecieran en otras vistas en las cuales se pudieran medir. En la figura se muestran dos métodos aceptados para construir las secciones rotadas. La sección puede rotarse y superponerse a la vista o puede rotarse y colocarse separada de la vista, utilizando rasgados convencionales como se observa en la sección de la izquierda.

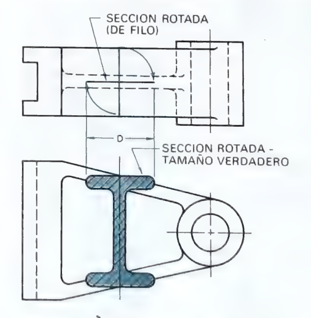
En la fig. 5-83 se muestra una *sección rotada* para mostrar los pasos de su construcción. En el paso 1 se dan las vistas de frente y arriba de un objeto. Debido a la forma del objeto, sería difícil mostrar su área media en una vista convencional de lado. Construyendo una sección rotada en la parte media, se puede describir claramente su forma. Puede suponerse un plano secante que pase por el área que se quiere mostrar en la sección rotada.

En el paso 2, se nota esta sección en la vista de arriba y se proyecta a la vista de

FIG. 5-83. PERSPECTIVA DE UNA SECCION ROTADA



Paso 1: En la vista de frente se muestra un eje de rotación. Si se dibujara el plano secante, debería aparecer en la vista de arriba.



Paso 2: La sección vertical de la vista de arriba se rota de manera que pueda verse en tamaño verdadero en la vista de frente. Las líneas del objeto no atraviesan la sección rotada.

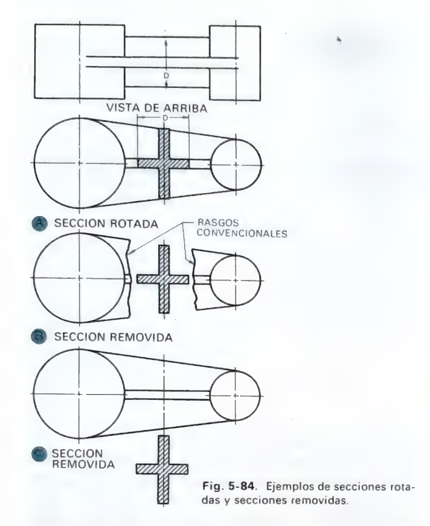


Fig. 5-84. Ejemplos de secciones rotadas y secciones removidas.

frente, en la cual se puede dibujar en tamaño verdadero. La sección rotada se dibuja sobre la vista de frente, pero las líneas del objeto no cortan la sección. Obsérvese que, en esta sección, las nervaduras superior e inferior son perpendiculares a la nervadura central, mientras que en la vista de frente no son paralelas. No es necesario mostrar la rotación en la vista de arriba, ya que se sobreentiende.

Para separar la sección rotada de la vista de frente, se pueden dibujar rasgados convencionales a lado y lado de la misma. En la fig. 5-84B se da un ejemplo. La sección podría haberse construido sobre la vista de frente sin rasgados convencionales, como se muestra en la parte A. Cualquiera de estos dos métodos para dibujar secciones rotadas es correcto. En la parte C, la sección se ha rotado y *removido*; por consiguiente, se le llama sección *removida*. En el artículo siguiente se estudiarán las secciones removidas.

5-35 SECCIONES REMOVIDAS

La *sección removida* se puede describir como una sección rotada que se ha separado de la vista en la cual se rota, como se muestra en la parte C de la fig. 5-84. Esto es necesario cuando el espacio disponible no permite la rotación sobre la vista dada, como se muestra en la fig. 5-85A. Para dar mayor claridad, la sección rotada se separa de la vista en la cual normalmente debería aparecer (figura 5-85B).

Las secciones removidas también pueden dibujarse a una escala diferente, como se observa en la fig. 5-86. La localización de las secciones removidas se indica en la vista de frente por medio de planos secantes; estos planos se marcan para indicar dónde se han removido las secciones. El plano secante marcado A-A da lugar al corte A-A, que puede dibujarse en una hoja separada de un conjunto de planos. El corte D-D es en realidad una vista de lado derecho y no una sección. Cuando la escala de las secciones removidas es diferente de la escala de las vistas originales, se indica en cada una de ellas. La vista removida de la fig. 5-87 muestra una parte inaccesible a las vistas convencionales.

5-36 SECCIONES RASGADAS

La sección rasgada se emplea como método apropiado para mostrar las partes interiores de un objeto, para ayudar a la comprensión del dibujo sin mostrar la vista en corte total.

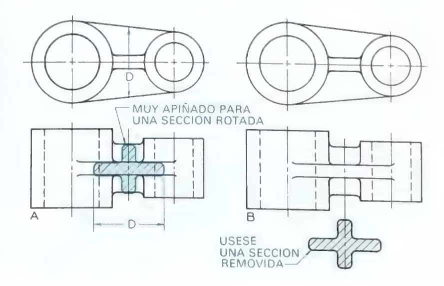


Fig. 5-85. Las secciones removidas se pueden emplear cuando el espacio disponible no permite el uso de una sección rotada.

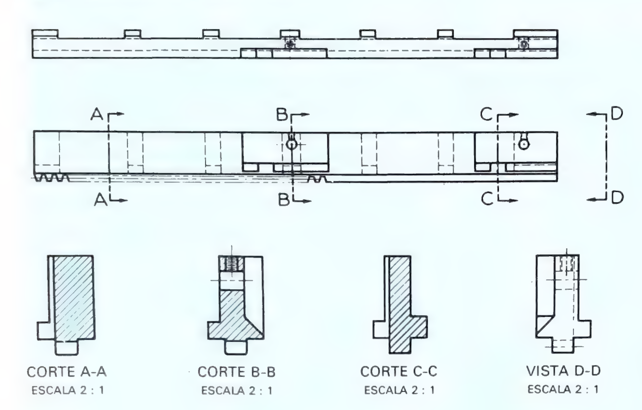


Fig. 5-86. Las secciones removidas pueden dibujarse más grandes que la vista de la cual se toman.

Se rasga una porción del objeto (fig. 5-88) y se retira con el fin de mostrar detalles del espesor de las paredes, que son de gran ayuda en la interpretación del plano. Estas secciones rasgadas disminuyen la necesidad de líneas invisibles adicionales en las vistas parciales de arriba y de lado, puesto que los detalles se muestran correctamente en las vistas dadas. La vista de lado derecho de la fig. 5-89 muestra un ejemplo práctico de una sección rasgada. El conjunto de la parte superior de esta rueda fundida se ve en la sección rasgada. La vista de frente, en la cual no se ha prestado atención al conjunto superior, es un corte a través de la rueda.

5-37 SECCIONES ESPECTRALES

La *sección espectral* se utiliza ocasionalmente para describir partes especiales que no pueden mostrarse igualmente bien con cualquier otro método. Este tipo de sección se emplea cuando se deben mostrar tanto las características externas como las internas. La parte que se muestra en la fig. 5-90 se representa en sección espectral, la cual hace ver las características internas y las externas.

Nótese que las líneas de la sección se han dibujado en líneas de trazos para dar una vista «en rayos X» de la parte. Este tipo de secciones no es de uso frecuente, pero hay casos en los cuales esta técnica puede aplicarse con efectividad.

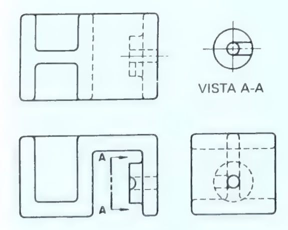


Fig. 5-87. Vista removida.

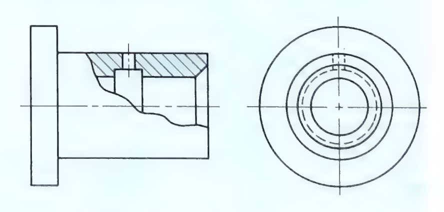


Fig. 5-88. Corte rasgado. (Cortesía, con las dos figuras anteriores, de ANSI; Y14.2-1957.)

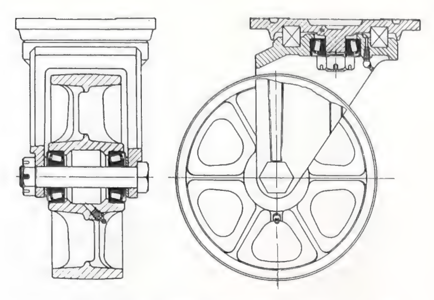


Fig. 5-89. Cortes total y rasgado usados para representar una rueda fundida. (Cortesía del *Timken Engineering Journal.)*

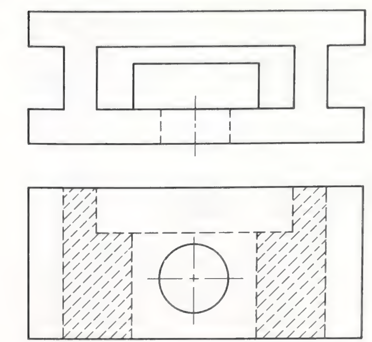


Fig. 5-90. Sección espectral usada para dar una vista «en rayos X» de un objeto.

5-38 RASGADOS CONVENCIONALES

En los ejemplos anteriores se han hecho rasgados para indicar la remoción de porciones del objeto y para dar mayor claridad. En la fig. 5-91 se muestran algunos ejemplos de este método estándar para mejorar la representación de algunos objetos. En las partes A y B de la figura se utilizan rasgados para indicar objetos cilíndricos. A partir de los rasgados, es posible saber por inspección que estas partes son cilíndricas. La parte cilíndrica de A es sólida, mientras que la de B es hueca. Para construir el símbolo de rasgado en forma de «8» se usan guías dibujadas a mano alzada. Nótese que el ancho del símbolo de rasgado del cilindro hueco es mayor que el del cilindro sólido.

Cuando se ha seccionado una parte cilíndrica como la que aparece en la parte C, se usará el rasgado convencional utilizado para mostrar la cara rectangular de un objeto, como se muestra en la parte D; este tipo de rasgado se utiliza para metales, mientras que el rasgado de la parte E representa madera.

Los rasgados convencionales se usan para acortar una pieza larga de sección transversal constante. Esto permite dibujar la pieza en un espacio menor y a mayor escala, una vez que se ha quitado la parte rasgada.

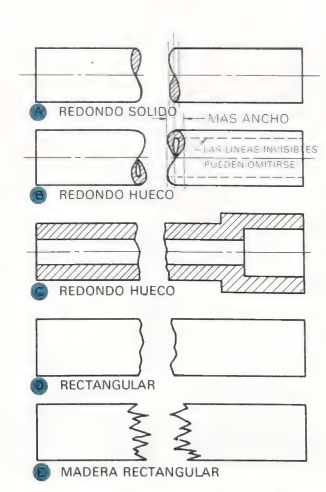


Fig. 5-91. Rasgados convencionales. (Cortesía de ANSI; Y14. 2-1957.)

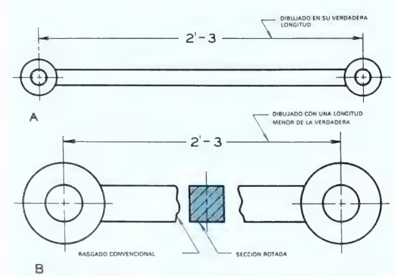


Fig. 5-92. Los rasgados convencionales se pueden utilizar para quitar una porción de un objeto, de manera que éste se pueda dibujar más grande.

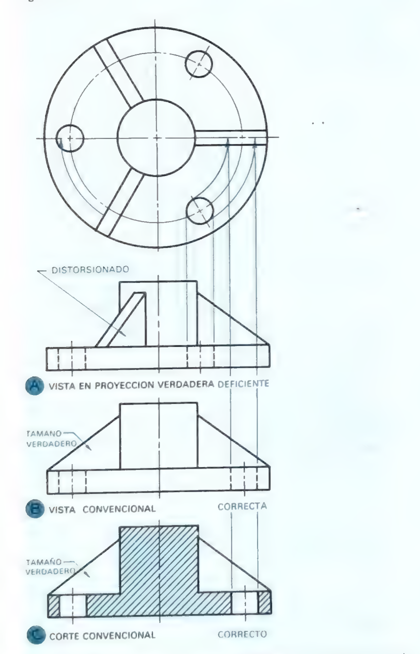


Fig. 5-93. Método convencional para representar nervaduras en vistas y en cortes.

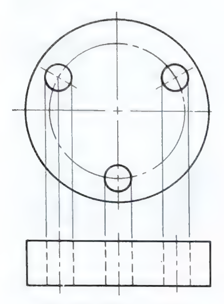
5-39 ROTACIONES CONVENCIONALES

Para obtener mayor claridad en planos de ingeniería, algunas veces es necesario utilizar métodos convencionales que pueden ser una violación de las verdaderas proyecciones. Estos métodos se aplican tanto a vistas como a secciones. La fig. 5-93 es un ejemplo de un método convencional. La vista de arriba tiene tres nervaduras y tres agujeros igualmente espaciados. La proyección verdadera de la vista de frente, tal como aparece en la parte A, muestra una nervadura distorsionada, que da la impresión de un objeto no simétrico; la proyección exacta de los huecos da la apariencia de que uno de ellos está más cerca del eje de la parte cilíndrica que el otro. Aunque esta proyección es correcta, no es tan aceptable como la vista de la parte B, en la cual se ha rotado la nervadura para mostrar su forma verdadera y el hueco se ha rotado para mostrar su verdadera distancia del centro. La vista convencional es más fácil de acotar y da una idea de simetría más representativa.

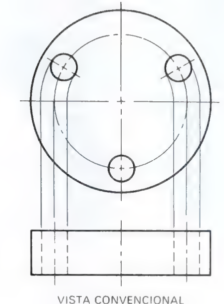
Para la construcción de la vista en corte de la parte C se aplica el mismo método convencional usado en la vista B. Se ha rayado la parte cortada por el plano secante, con excepción de las nervaduras, que no se cortan en el método convencional.

En la fig. 5-94 se ilustra el método convencional para mostrar dos huecos igualmente espaciados de una placa circular. En la proyección verdadera (parte A), la vista de frente da la impresión de que uno de los huecos pasa por el centro y de que éstos están más cerca del centro de lo que están en realidad. En la parte B se muestra una vista mejor: ésta es una vista convencional, en lugar de ser una proyección verdadera. Los huecos han sido rotados para mostrar su verdadera distancia respecto al centro y se ha omitido el hueco que aparecía en el centro. Este mismo procedimiento se usa en cortes, tal como se muestra en C. Otro método convencional es no rayar los brazos de ruedas, aunque sean cortados por el plano secante. La polea de la fig. 5-95A tiene una nervadura total que se debe rayar en la vista en corte; sin embargo, los brazos de la rueda de la parte B no se rayan para

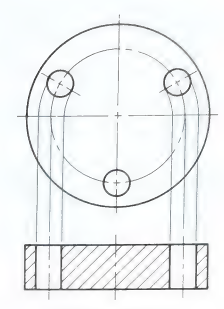
FIG. 5-94.



A. Una proyección verdadera de los tres huecos igualmente espaciados no da una buena descripción del objeto. Parece como si uno estuviera situado en el centro del plano



B. Se usa una vista convencional por rotación para mostrar la verdadera distancia radial de los huecos respecto al centro. Se omitió el hueco central.



C. Las rotaciones convencionales también se usan en cortes. Las vistas convencionales frecuentemente son más representativas de partes circulares que las proyecciones verdaderas.

hacer hincapié en que son brazos y no una nervadura total.

Los brazos espaciados simétricamente se tratan convencionalmente como nervaduras en una vista o en un corte. La fig. 5-96 ilustra el método preferido y el método inadecuado para describir brazos en una vista en corte. Como en el caso de las nervaduras, los brazos no se rayan. Los brazos intermedios se omiten para evitar confusión; sólo se necesitan dos brazos para describir el volante de mano.

5-40 CORTES AUXILIARES

Los cortes auxiliares se pueden emplear para completar las vistas principales usadas en proyección ortogonal como se observa en la figura 5-97, en la cual en la vista de arriba se ha hecho pasar por un plano auxiliar quebrado, B-B. El corte auxiliar es una proyección auxiliar hecha de la manera convencional y es una vista parcial utilizada para describir con mayor claridad el objeto en un área confusa.

La vista de lado es una sección rotada que muestra esta vista de una manera más representativa de la que aparecería en una proyección verdadera. Además de esta rotación, se ha pasado el plano secante, A-A, que se ha quebrado para que corte uno de los huecos que aparecen en la parte superior derecha de la vista de arriba. Siguiendo el método convencional, se han rayado las nervaduras del corte A-A.

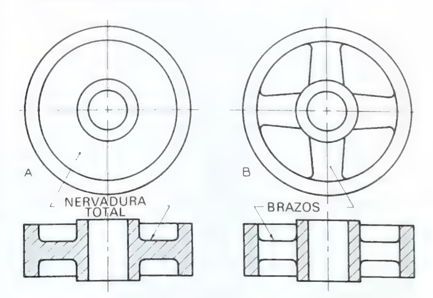


Fig. 5-95. Métodos convencionales para cortar partes y distinguir entre nervaduras y brazos.

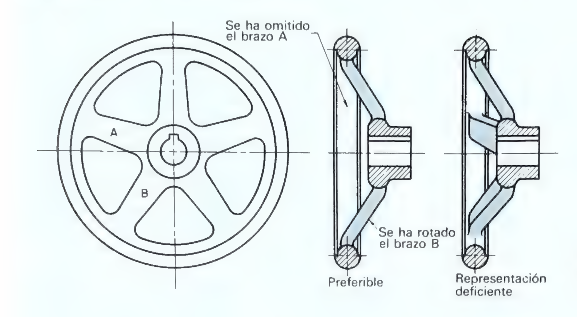


Fig. 5-96. Métodos convencionales para representar brazos en vistas y cortes. (Cortesía de ANSI; Y14.3-1957.)

5-41 BOSQUEJO Y DISEÑO

Este capítulo ha estado dedicado a estudiar las normas de dibujo que deben aplicarse a la comunicación de ideas mediante planos de ingeniería. Esencialmente, todos estos planos deben ejecutarse con instrumentos de dibujo para evitar cualquier malentendido. Sin embargo, estos mismos principios se pueden aplicar al bosquejado a mano alzada, con economía de tiempo valioso al no hacer dibujos con instrumentos durante la etapa de diseño.

Sin la habilidad para confeccionar rápidamente bosquejos a mano alzada, el diseñador no podría trabajar. El bosquejado es su herramienta para comunicarse con los demás y consigo mismo. Puede sonar extraño el decir que una persona se comunica consigo misma, pero esto es realmente cierto durante el proceso de diseño, tal como se estudió en el capítulo 4.

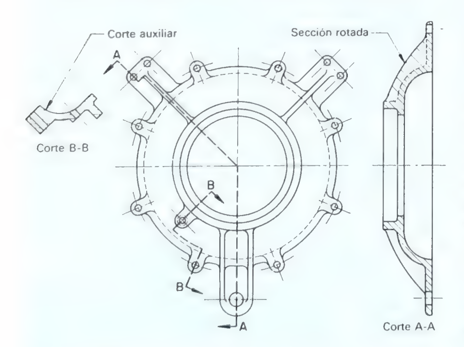


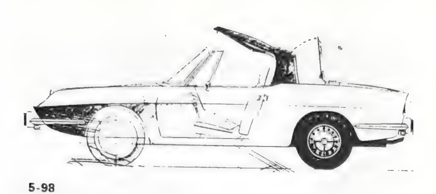
Fig. 5-97. Cortes auxiliares usados en combinación con rotaciones convencionales para describir un objeto. (Cortesía de General Motors Standard.)

El proceso de identificación de los aspectos buenos y malos de una idea exige que el diseñador revise cada idea y bosqueje una solución modificada. Este procedimiento es casi imposible de llevar a cabo sin un lápiz en la mano; por tanto, el bosquejado a mano alzada es un medio de pensar y comunicarse consigo mismo. Cada bosquejo que se haga es una idea que se ha salvado, mientras que las ideas fugaces que no se bosquejan pueden olvidarse y perderse.

No se piense que el bosquejado es un proceso artístico, sino más bien un método ordenado para presentar ideas, empleando los principios esbozados en este capítulo. Es importante desarrollar velocidad para bosquejar. Si no se puede bosquejar más rápidamente que el dibujar con instrumentos, se anula el propósito del bosquejado a mano alzada. Practíquese haciendo bosquejos con rapidez, pero no se crea que los bosquejos rápidos deben ser mal hechos o difíciles de interpretar.

5-42 TECNICAS DE BOSQUEJADO

El diseñador que intenta resolver un problema técnico puede elaborar varios bosquejos, utili-



5-98

Fig. 5-98. Muchos bosquejos de diseño pueden dibujarse usando los principios de la proyección ortogonal.

Fig. 5-99. Tipos de punta de lápiz para hacer las diferentes líneas usadas en bosquejos a mano alzada. Practíquese afilando el lápiz para obtener estos tipos de líneas.

Fig. 5-100. Aplicación de los gruesos normalizados de líneas a un dibujo ortogonal.

Fig. 5-101. Técnicas para dar la mejor apariencia en el bosquejado de rectas que se cortan.



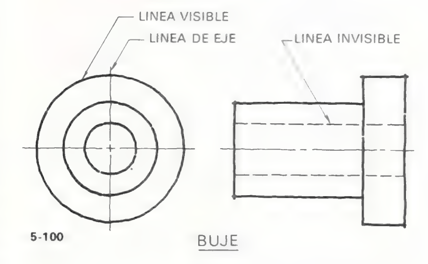
5-99

zando perspectivas, diagramas, esquemas o cualquier técnica que le sirva de ayuda. Durante la mayor parte de su trabajo, el diseñador casi siempre empleará los principios de la proyección ortogonal. La vista ortogonal del automóvil de la fig. 5-98 es un ejemplo de aplicación de este tipo de bosquejado. Para obtener mejores resultados, los bosquejos deberán dibujarse con los espesores de línea sugeridos para las vistas ortogonales en la fig. 5-23.

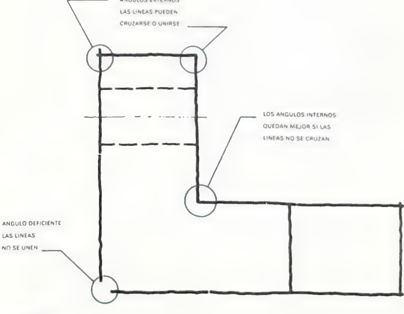
En la mayoría de los bosquejos un lápiz de dureza mediana(B, HB o F) dará los mejores resultados. Se sugiere que se use la misma dureza del lápiz para todas las líneas y que se varíe el afilado de la punta para cambiar el grueso de las líneas, como se muestra en la fig. 5-99. El dibujo en dos vistas de la fig. 5-100 ilustra la aplicación de los diferentes gruesos de línea a un bosquejo de esta clase.

No se trate de ocultar el hecho de que un bosquejo haya sido dibujado a mano alzada, puesto que este tipo de dibujo no puede reproducir la técnica del dibujo con instrumentos y se sobreentiende que no lo hará. Desarróllese un estilo de bosquejado que sea efectivo pero rápido.

La fig. 5-101 ilustra algunas técnicas para hacer más efectivo el bosquejado de las líneas que se cortan en los ángulos del dibujo. Generalmente un ángulo debe estar bien definido



5-100



5-101

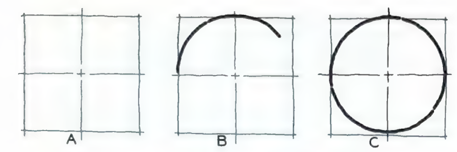


Fig. 5-102. Método del cuadrado inscrito para bosquejar circunferencias.

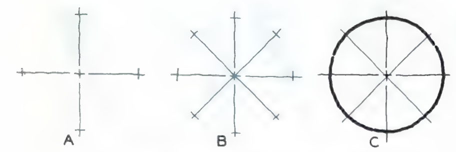


Fig. 5-103. Método de los radios para bosquejar circunferencias.

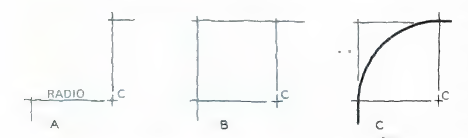


Fig. 5-104. Método para bosquejar arcos.

por medio de líneas que se crucen o que por lo menos se unan en forma continua.

Las circunferencias y arcos son más difíciles de bosquejar que las líneas rectas; sin embargo, el uso de líneas de construcción puede mejorar la técnica del dibujante. En la figura 5-102, se da un ejemplo que ilustra el empleo de líneas de construcción. Se han bosquejado líneas horizontales y verticales (A), de manera que se forme un cuadrado en líneas de construcción. Las dimensiones de este cuadrado son iguales al diámetro de la circunferencia que se desea bosquejar. La circunferencia se dibuja por segmentos (partes B y C) tangentes al cuadrado en los puntos en que sus lados se cortan con las líneas de eje.

En la fig. 5-103 se ilustra un método según el cual se dibujan las líneas de eje y, sobre cada una de éstas, se toma el radio de la circunferencia a partir del centro. Se trazan dos líneas a 45° y sobre estas se toma el radio de la circunferencia. Los puntos así localizados se utilizan para bosquejar la circunferencia (parte C). Este mismo procedimiento se usa para bosquejar una porción de circunferencia, un arco, como se muestra en la figura 5-104.

Si el bosquejar arcos requiere más tiempo que el dibujarlos con instrumentos, es preferible entonces utilizar la plantilla de circunferencias o el compás para dibujarlos suavemente y se retiñen luego a mano alzada para que queden semejantes a las demás líneas del dibujo.

Puesto que la velocidad es la principal ventaja del bosquejado respecto al dibujo con instrumentos, es importante familiarizarse con las clases de papel que más se prestan para el bosquejado. La mayoría de los bosquejos deberán ir en papel de 21 × 28 cm. Algunos papeles vienen con un cuadriculado impreso, lo que es una gran ayuda (fig. 5-105). Es preferible que este cuadriculado venga impreso en un color suave para evitar confusiones con las líneas que se dibujarán sobre la hoja de papel.

Puesto que el papel de dibujo es lo suficientemente traslúcido como para ver a través de él, debajo de éste se puede colocar una hoja de papel cuadriculado para que sirva de guía. Esto evita la necesidad de un cuadriculado impreso en el papel utilizado para bosquejar (fig. 5-106).

El bosquejado se emplea mucho más durante el desarrollo de las ideas preliminares que en los demás pasos del proceso de diseño. Un repaso al capítulo 4 dará muchos ejemplos del uso del bosquejado en la acumulación de ideas. Esta técnica proporciona un medio rápido para producir y reunir varios diseños preliminares y si el diseñador desea que sus bosquejos sean lo suficientemente efectivos, debe haber entendido las normas de los planos de trabajo que se han visto en este capítulo.

5-43 RESUMEN

Los principios y fundamentos del dibujo de ingeniería estudiados en este capítulo deben

aplicarse necesariamente durante el proceso de diseño, bien sea que los dibujos se hagan a mano alzada durante sus primeras etapas o bien con instrumentos durante la etapa de perfeccionamiento o realización del proceso de diseño. Estos fundamentos pueden considerarse como el lenguaje que el ingeniero crea para comunicar sus diseños e ideas de ingeniería. El dibujante debe usar estos principios para elaborar los planos de trabajo del diseño final, los cuales serán aprobados por el ingeniero y pasados a producción.

Los principios de las construcciones geométricas son métodos necesarios para resolver variados problemas del dibujo de ingeniería. Durante la elaboración de los planos y bosquejos, deben observarse una escritura legible y un uso apropiado de las escalas para obtener una efectiva comunicación. Los principios de los dibujos ortogonales de vistas múltiples son la base de muchos planos de ingeniería, excepción hecha de los esquemas y diagramas. Las vistas auxiliares se emplean para suministrar vistas adicionales en casos especiales, en los cuales las vistas principales no son las más apropiadas. En los capítulos 7 y 8 se encuentra teoría adicional sobre la comprensión de la proyección ortogonal y las vistas auxiliares.

Los cortes y métodos convencionales dan al diseñador y al dibujante los medios para explicar mejor sus ideas. La aplicación práctica de los cortes recibirá posterior tratamiento en los capítulos siguientes. Estas aplicaciones se basarán en los principios expuestos en el presente capítulo.

Las normas del dibujo de ingeniería se emplean para presentar y desarrollar las ideas preliminares, como se indicó en el capítulo 4. Estas normas se emplearán también en el próximo capítulo, en el cual se tratará el paso siguiente en el proceso de diseño: el perfeccionamiento.

PROBLEMAS

Estos problemas deben presentarse en papel cuadriculado o blanco, de 21 × 28 cm, según el formato de la sección 1-19. Cada cuadrado del papel representará 5 mm. Todas las notas,

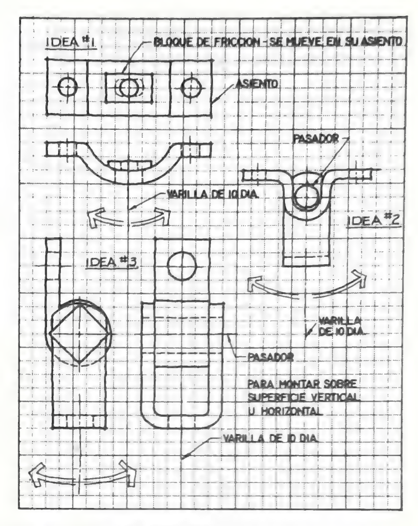


Fig. 5-105. Se pueden obtener bloques de papel para bosquejos que vienen impresos con un cuadriculado que auxilia al diseñador en el bosquejado.

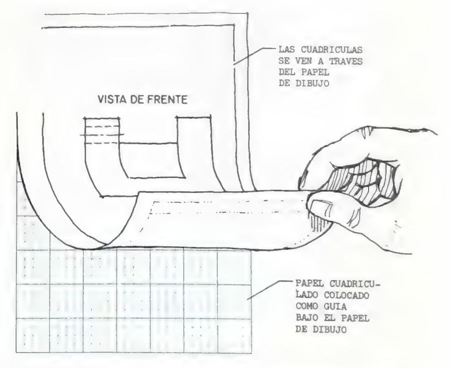


Fig. 5-106. Una hoja de papel cuadriculado colocado debajo del pliego de papel de dibujo se puede usar como guia para bosquejar a mano alzada.

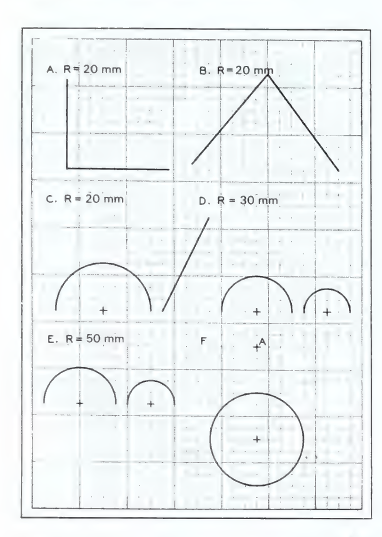


Fig. 5-107. Problema 1. Problemas de empalmes.

bosquejos, dibujos y trabajos gráficos deben presentarse en forma clara y de acuerdo con los métodos enseñados en este libro. El material escrito debe escribirse legiblemente, empleando guías de 3 mm.

Construcción de empalmes

1. (A hasta E). Usando el radio dado, construya los arcos tangentes a las líneas y/o arcos dados (fig. 5-107). Indique todos los puntos de tangencia. (F) Mediante construcción geométrica, encuentre el punto de tangencia de la recta dibujada desde el punto A al círculo dado. Deben mostrarse todas las construcciones.

2. Haga un dibujo del eslabón de cadena de la fig. 5-108. Estime los radios y dimensiones. Muestre todas las construcciones.

3. Utilizando el radio interno de giro de un automóvil, bosqueje un esquema de un garaje para un solo auto, con un espacio para marcha hacia atrás como se muestra en la fig. 5-109. Encuentre las dimensiones de este espacio. Escoja una escala apropiada. Muestre todas las construcciones y puntos de tangencia.

Uso de las escalas

4. Utilizando las escalas de ampliaciones y de reducciones, trace las rectas de la fig. 5-110 en la escala indicada. Escriba el número del problema, la longitud de la recta y la escala utilizada como se muestra en la fig. 5-110. Cada línea debe aparecer como se muestra en los dos ejemplos.

Matemática gráfica

5. Use la gráfica 5-111 para las partes A hasta E. A) Utilizando los ejes dados, multipli-

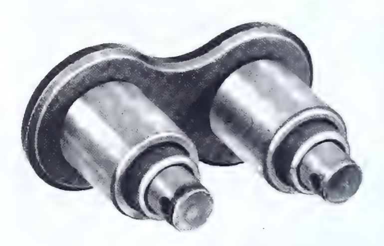




Fig. 5-108. Problema 2. Eslabón de cadena. (Cortesía de Link-Belt Company.)

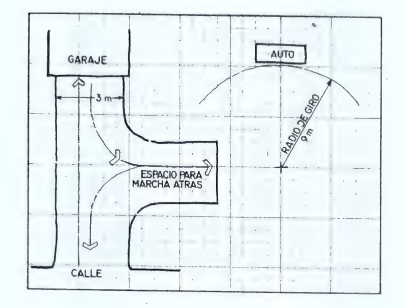


Fig. 5-109. Problema 3. Bosquejo preliminar de un espacio para marcha atrás adjunto a un garaje.

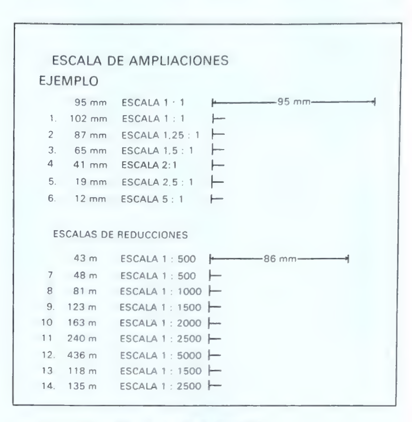


Fig. 5-110. Problema 4. Uso de las escalas.

que gráficamente 2,5 × 5,0. Muestre la construcción y rotule el trabajo. B) Utilizando los ejes dados, multiplique 3,0 × 4,0. Divida los ejes usando las unidades indicadas para la determinación de las escalas gráficas. C) Utilizando los ejes dados, divida gráficamente 18,0 entre 3,0. Deben mostrarse todas las construcciones. D) Encuentre la raíz cuadrada de 3, usando 3 y 1 como factores. El segmento dado en el problema tiene 3 unidades de longitud. E) Halle gráficamente el cuadrado de 1,75 utilizando la escala dada. Deben mostrarse todas las construcciones.

6. A) Averigüe gráficamente todas las funciones del ángulo de 25°, utilizando la fig. 5-112. Utilice la escala 5:1. Complete la tabla de valores y muestre todas las construcciones. B) Averigüe gráficamente las funciones trigonométricas de un ángulo de 40°, usando la parte B de la figura. Use la escala 5:1. Complete la tabla de valores y muestre todas las construcciones.

Proyección ortogonal

7. Utilizando instrumentos, dibuje las vistas dadas de los objetos que aparecen en las figs. 5-113, 5-114, 5-115 y 5-116, según se

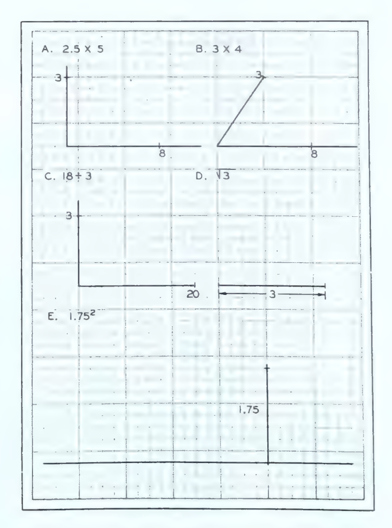


Fig. 5-111. Problema 5. Problemas de matemática gráfica.

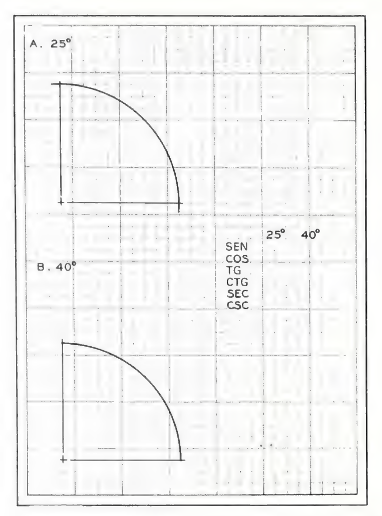


Fig. 5-112. Problema 6. Problemas gráficos de funciones trigonométricas.

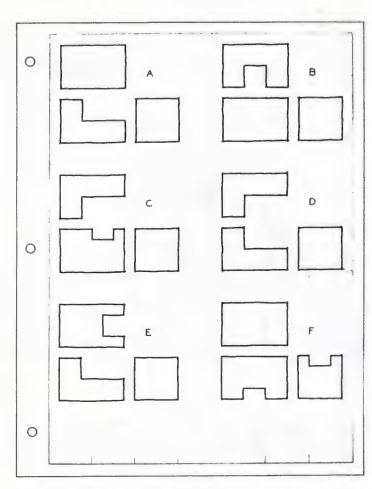


Fig. 5-113. Problema 7. Proyección ortogonal.

le asigne. Teniendo en cuenta las reglas de la proyección ortogonal, por lo menos en una vista no aparecen líneas que se deben dibujar. Use el espesor adecuado de líneas.

8. En las figs. 5-117, 5-118 y 5-119 se han dibujado en papel para perspectiva algunas perspectivas; cada cuadrado equivale a 5 mm cuando se dibuja sobre papel de 21 × 28 cm. Utilizando instrumentos o bosquejando, dibuje tres vistas de los problemas asignados, colocando dos problemas en cada hoja.

9. Estos problemas (figs. 5-120 a 5-125) consisten en dibujar vistas ortogonales con instrumentos. Escójase una escala apropiada para que las vistas quepan en una hoja de 21 × 28 cm. Dibújese sólo el número de vistas exclusivamente necesarias para describir cada parte. Escríbase en cada hoja de dibujo el nombre de la parte.

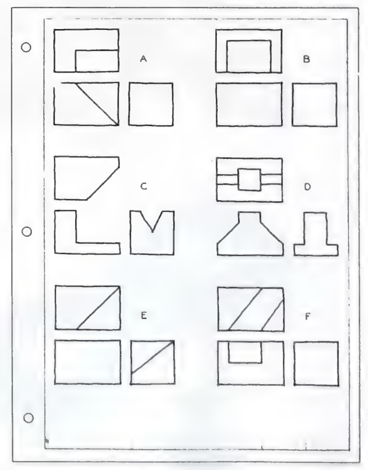


Fig. 5-114. Problema 7. Proyección ortogonal.

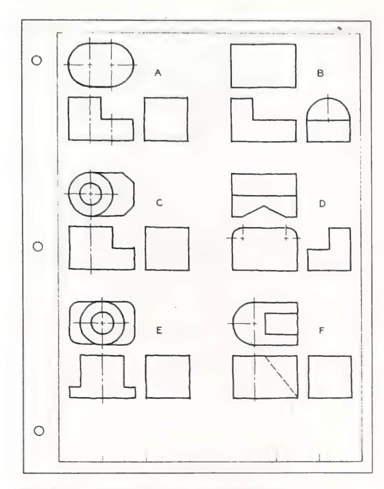


Fig. 5-115. Problema 7. Proyección ortogonal.

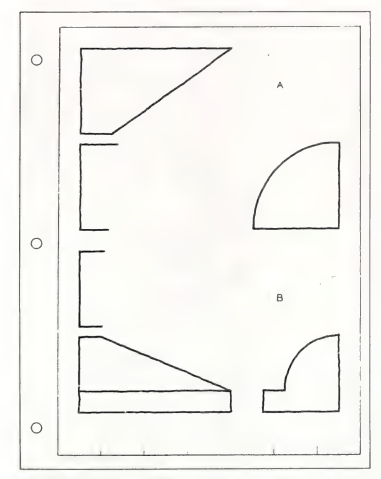


Fig. 5-116. Problema 7. Proyección ortogonal.

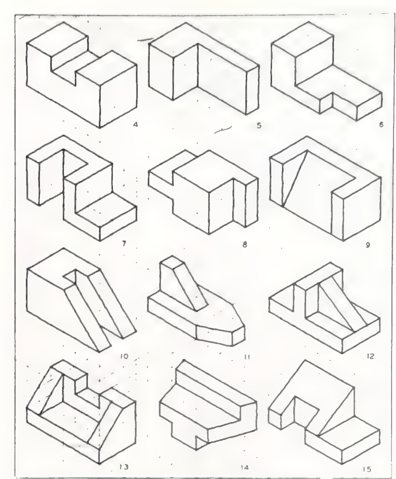


Fig. 5-117. Problema 8. Proyección ortogonal.

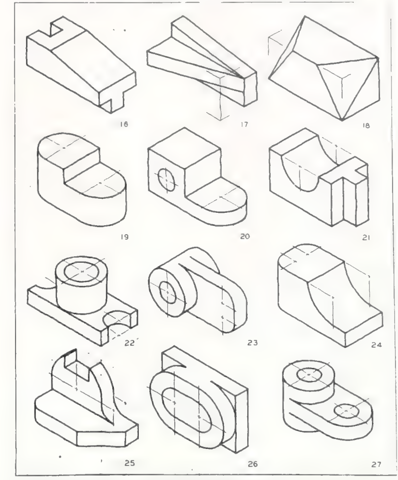


Fig. 5-118. Problema 8. Proyección ortogonal.

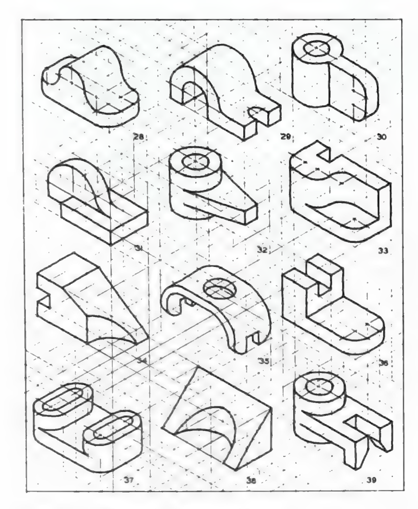


Fig. 5-119. Problema 8. Proyección ortogonal.

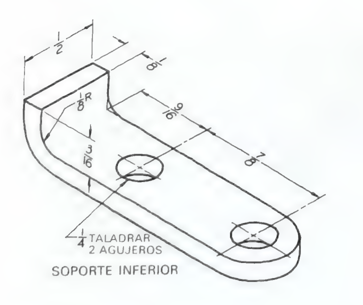


Fig. 5-120. Problema 9. Proyección ortogonal.

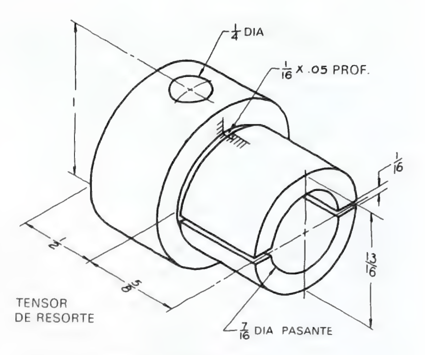


Fig. 5-121. Problema 9. Proyección ortogonal.

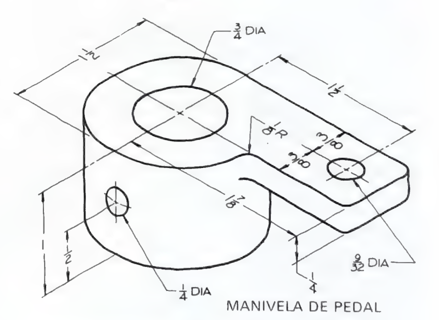


Fig. 5-122. Problema 9. Proyección ortogonal.

10. Dibújense bosquejos de tres vistas de los objetos que aparecen en la fig. 5-126. En una hoja de 21 × 28 cm coloque dos conjuntos de tres vistas. En cada vista muestre las dimensiones generales, designándolas con las letras *H*, *W* y *D*.

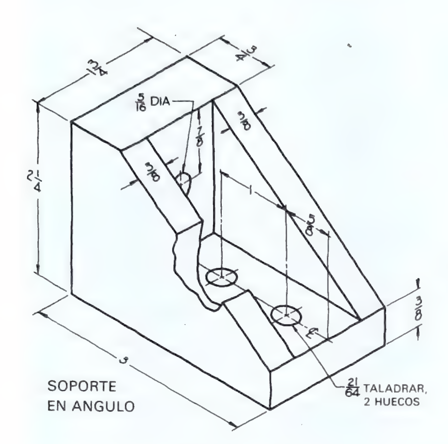


Fig. 5-123. Problema 9. Proyección ortogonal.

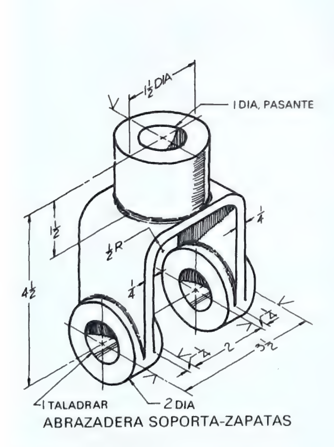


Fig. 5-124. Problema 9. Proyección ortogonal.

TOPE AXIAL
FILETES Y
REDONDEADOS DE 1,5 R

Fig. 5-125. Problema 9. Proyección ortogonal.

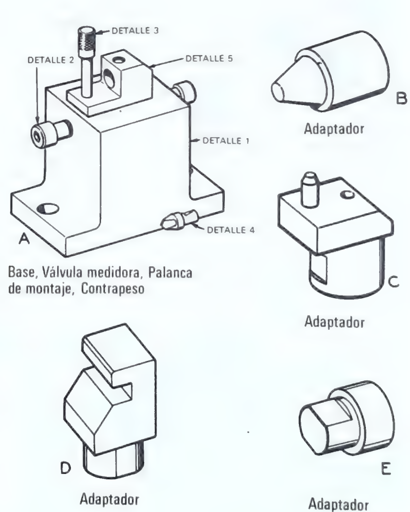


Fig. 5-126. Problema 10. Herramientas especiales para mantenimiento. (Cortesía de Bendix Corporation.)

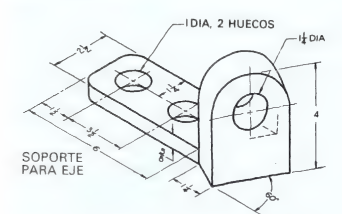


Fig. 5-127. Problema 11. Vistas auxiliares.

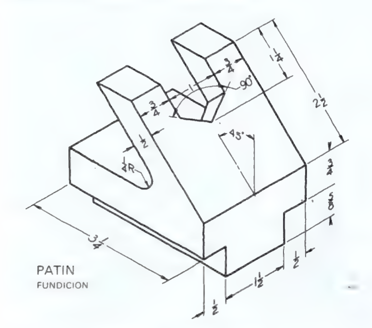


Fig. 5-128. Problema 11. Vistas auxiliares.

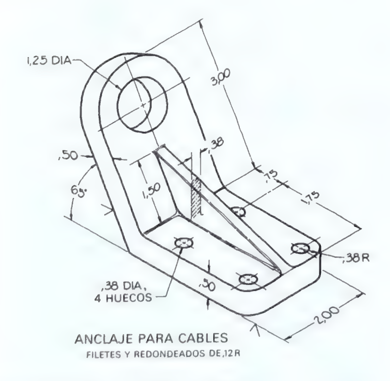


Fig. 5-129. Problema 11. Vistas auxiliares.

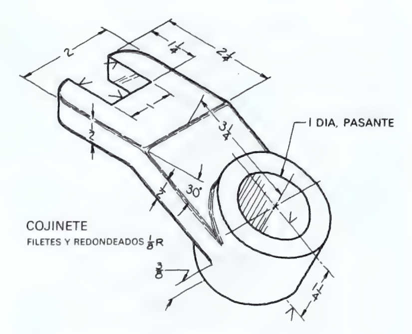


Fig. 5-130. Problema 11. Vistas auxiliares.

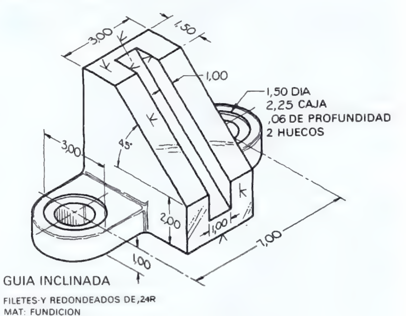


Fig. 5-131. Problema 11. Vistas auxiliares.

Vistas auxiliares

11. Las figs. 5-127 a 5-136 corresponden a perspectivas acotadas. En una hoja de 21 × 28 cm y utilizando instrumentos, dibuje las vistas estrictamente necesarias, incluyendo vistas auxiliares, para describir completamente cada una de las partes. Un aspecto importante del problema es la disposición apropiada de las vistas para hacer el mejor uso del espacio disponible. Un bosquejo rápido será una valiosa ayuda para determinar la disposición más rápida.

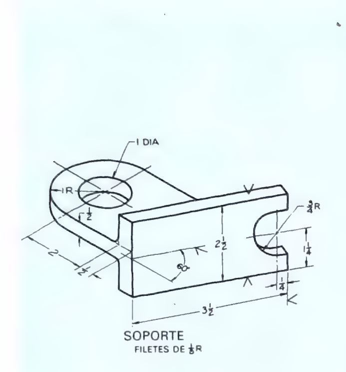


Fig. 5-132. Problema 11. Vistas auxiliares.

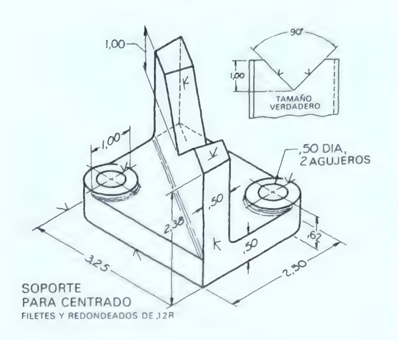


Fig. 5-134. Problema 11. Vistas auxiliares.

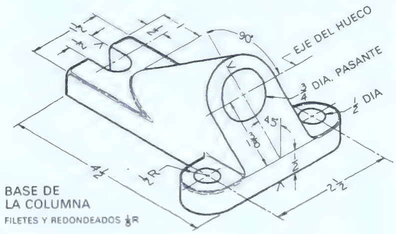


Fig. 5-135. Problema 11. Vistas auxiliares.

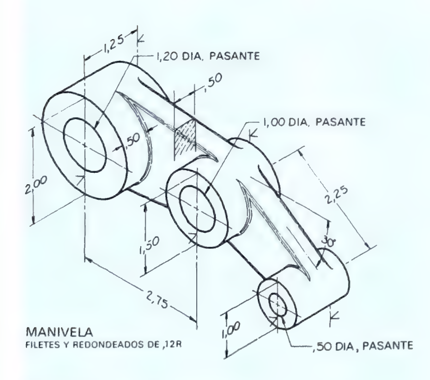


Fig. 5-133. Problema 11. Vistas auxiliares.

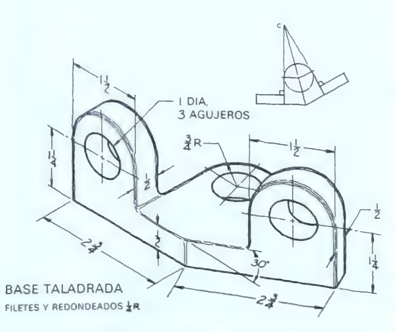


Fig. 5-136. Problema 11. Vistas auxiliares.

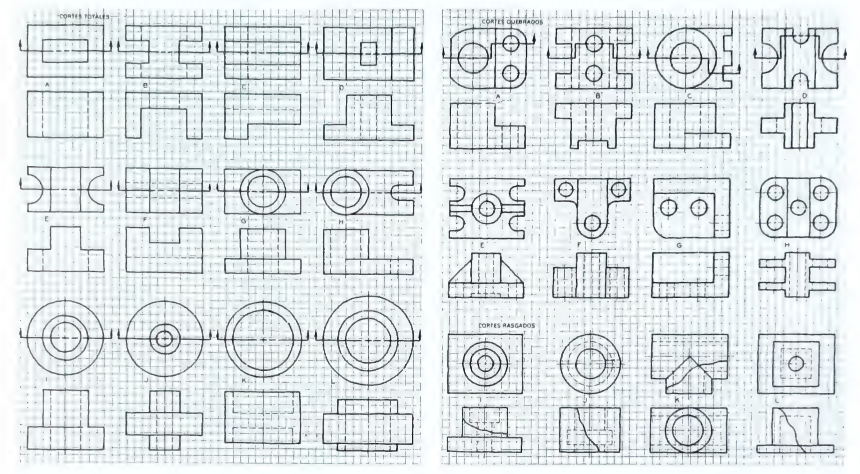


Fig. 5-137. Problema 12. Cortes.

Fig. 5-139. Problema 12. Cortes.

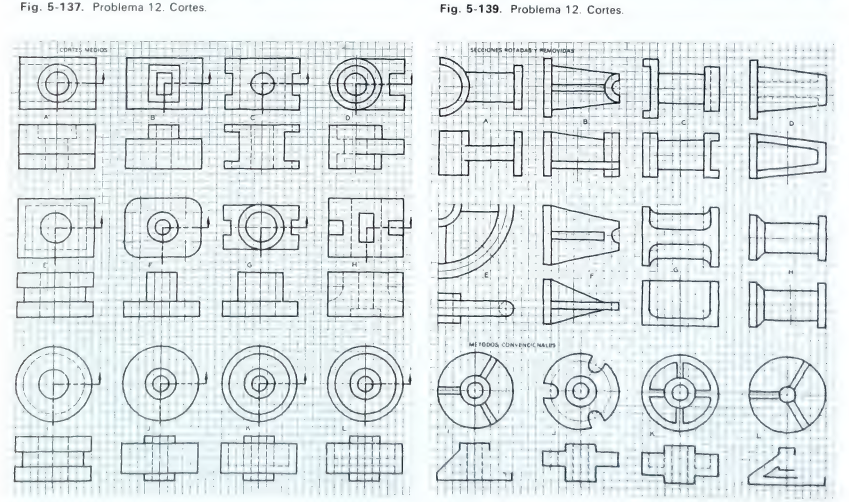


Fig. 5-138. Problema 12. Cortes.

Fig. 5-140. Problema 12. Cortes.

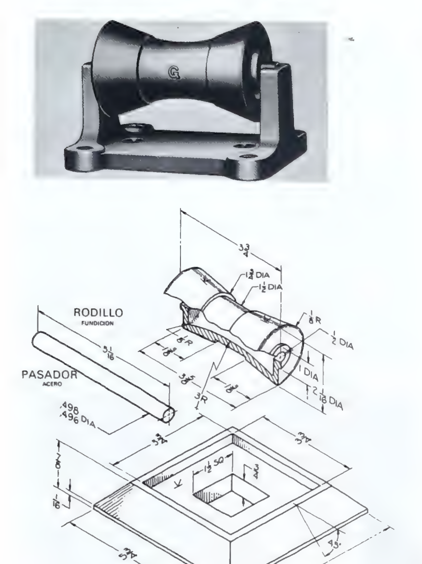


Fig. 5-141. Problema 13. (Cortesia de Grinnel Company.)

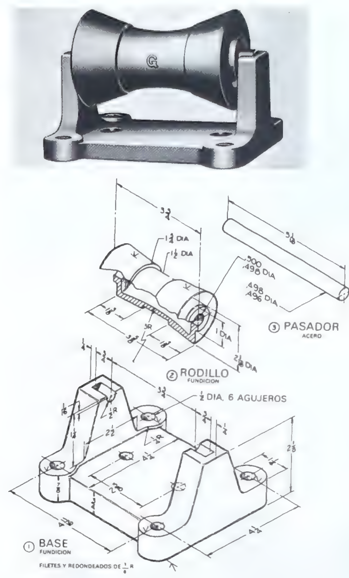


Fig. 5-142. Problema 13. (Cortesia de Grinnel Company.)

Cortes

12. Para los problemas de cortes que deben dibujarse con instrumentos en papel de 21 × 28 cm., véase las figs. 5-137 a 5-140. Cada cuadrado del reticulado representa 5 mm. Los dibujos pueden pasarse a un papel cuadriculado semejante o pueden dibujarse en papel blanco.

Planos generales de ingeniería

13. Para los problemas de planos generales de ingeniería, en los cuales se aplican muchos de los principios de este capítulo, véanse las figs. 5-141 a 5-143. Háganse dibujos ortogonales, con instrumentos o a mano alzada, de

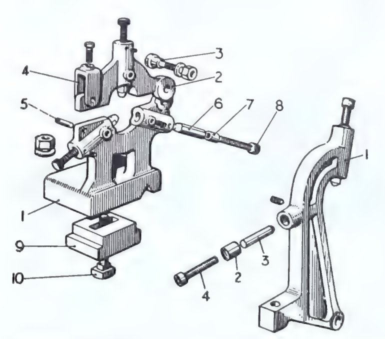


Fig. 5-143. Problema 13. Guias para torneado. (Cortesia de Harrison and Sons, Ltd.)

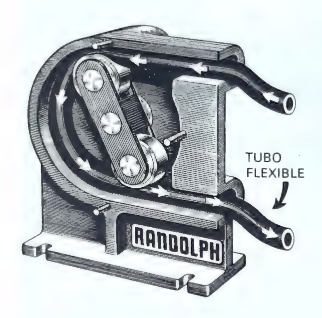


Fig. 5-144. Problema 14. Bomba. (Cortesía de Randolph Company.)

cada una de las partes de estos conjuntos. Estas vistas se dibujarán en hojas normalizadas de 21 × 28 cm, colocando el mayor número posible de partes en cada hoja. Cada conjunto probablemente necesitará de varias hojas.

14. A mano alzada o con instrumentos, haga un plano en vistas múltiples de cada una de las partes que componen la bomba de la fig. 5-144. Estime las dimensiones de cada parte, teniendo en cuenta que el diámetro exterior del tubo usado para transportar el líquido es de 10 mm. Haga planos de la tapa, que no aparece en la fotografía. Use dibujo de vistas múltiples, cortes, perspectivas y otras técnicas de dibujo para ilustrar cada parte, según le indique su instructor.

15. Haga planos en vistas múltiples, a mano o con instrumentos, de las partes de la figura 5-145 que le sean asignadas. Estime las proporciones de las partes. En cada caso deben hacerse planos de despiece en lugar de planos de conjuntos.

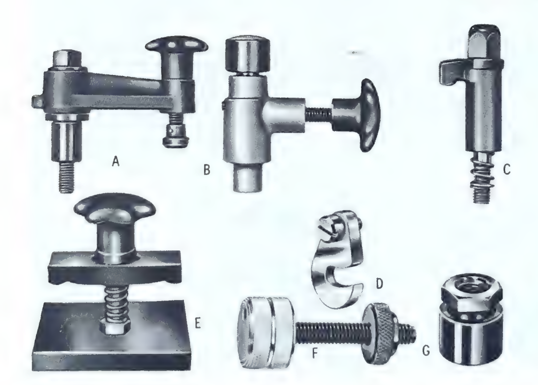


Fig. 5-145. Problema 15. Mordazas. (Cortesía de Universal Engineering Company.)

6
PERFECCIONAMIENTO DEL DISEÑO



6-1 GENERALIDADES

Habiendo obtenido conocimientos básicos de las normas del dibujo de ingeniería y sus convenciones en el capítulo 5, volvemos nuevamente hacia el estudio del proceso de diseño. Cuando se ha acumulado un número suficiente de ideas preliminares en forma de bosquejos y notas, el diseñador puede avanzar a la siguiente etapa: el perfeccionamiento del diseño. Durante esta etapa es necesario hacer planos con instrumentos de dibujo y a escala para obtener una comprobación exacta de las dimensiones críticas y de las medidas decisivas que se bosquejaron durante las primeras etapas del proceso de diseño. Cuando se presentan tolerancias y medidas de cuidado, no se deben hacer bosquejos, ya que un dibujo a escala dará una verdadera representación de las medidas en discusión (fig. 6-1).

Como se vio en los primeros capítulos, el perfeccionamiento del diseño es el punto donde se empieza a restringir la libertad de creatividad e imaginación. Cualquier diseño está sujeto a las limitaciones impuestas por la factibilidad de la función y operación. Por tanto, deben seleccionarse y perfeccionarse muchas ideas, de tal manera que puedan compararse durante las etapas de análisis y decisión respecto a la solución final del diseño que se va a realizar.

El diseñador debe empezar las funciones de análisis y de decisión durante el perfeccionamiento del diseño. Debe seleccionar las ideas preliminares que tengan más mérito y las más factibles respecto a las necesidades del problema. A no ser que haga un análisis general de las capacidades funcionales de sus ideas preliminares, deberá perfeccionar todos sus diseños, lo que requerirá considerable tiempo si ha dibujado varias ideas preliminares. En consecuencia, el diseñador necesita desarrollar una capacidad para formarse opiniones de las ideas preliminares a medida que son concebidas pero sin llegar a ser negativo y restringir su libertad de imaginación. Estas opiniones le ayudarán a seleccionar las ideas preliminares más dignas de perfeccionamiento para su posterior evaluación.

6-2 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS

La etapa de perfeccionamiento durante el proceso de diseño tiene que ver en primera instancia con las propiedades físicas y limitaciones generales evidentes antes del análisis formal del diseño. Por ejemplo, se hicieron tres planos a escala de las configuraciones propuestas para el perfeccionamiento de la nave espacial «Big Joe» (fig. 6-2). Estos planos a escala, se hicieron a partir de muchos bosquejos preliminares y características de diseño de vehículos experimentales previamente ensayados para determinar las características más deseables.



Fig. 6-1. El primer paso del diseñador durante la etapa de perfeccionamiento de sus ideas preliminares es la preparación de planos a escala. (Cortesía de Chrysler Corporation.)

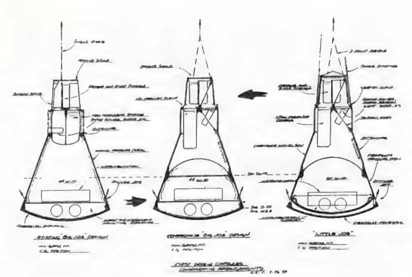


Fig. 6-2. Estos planos a escala se emplearon para perfeccionar el diseño final de la nave espacial «Big Joe» y para incorporarle características deseadas de otros sistemas. (Cortesía de la NASA.)

Los planos de este tipo son de gran ayuda para desarrollar la forma final y las dimensiones de un diseño. Las funciones y actividades de los astronautas que se van a alojar en la nave tendrán considerable influencia sobre el tamaño, volumen y la configuración general de la cápsula. Los factores de ingeniería humana se discutirán en detalle en el capítulo 13. Para determinar el peso de la nave, es necesario conocer las áreas superficiales de las partes del vehículo y los tipos de material empleados. También se deben conocer las partes interiores y otros equipos, así como el peso aproximado de los pasajeros. El volumen de la nave debe determinarse para asegurar que haya el suficiente espacio disponible para el equipo accesorio requerido durante el viaje.

El cálculo de, prácticamente, cualquier propiedad física dada se empieza a partir de elementos geométricos: puntos, líneas, áreas, volúmenes y ángulos. Las magnitudes de estos elementos se determinan cuando un diseño se ha perfeccionado, antes de empezar a hacer los planos de trabajo a partir de los cuales se fabricará el objeto. El diseño perfeccionado no es necesariamente un plano de trabajo, pero sí es un plano a escala, a partir del cual se puede hacer una evaluación aproximada.

El perfeccionamiento de un diseño puede llevar a un problema tridimensional que requiera un análisis espacial. También puede implicar planeación del uso de elementos en existencia, como el tocadiscos estereofónico portátil que se muestra en su aspecto final en la fig. 6-3. Una vez hechos los bosquejos preliminares de este producto, se prepararon los planos a escala para ayudar a perfeccionar los detalles de construcción para que fueran tan eficientes y económicos como fuera posible. Se emplearon los materiales en existencia para reducir el costo de fabricación. Cuando se perfeccionó el sistema, se optó por un sistema de construcción por módulos que lo hizo a la vez atractivo y económico (fig. 6-4). Después del perfeccionamiento del sistema estructural, se hizo un plano de construcción completo y definitivo para llevar a cabo su elaboración.

Un problema perteneciente a la variedad del análisis espacial es el del sistema para procesamiento de gas de la fig. 6-5. La disposición general de las diferentes unidades del sistema puede dibujarse en un diagrama esquemático que muestre la secuencia del proceso. El perfeccionamiento requiere el conocimiento de los tamaños de los tanques, sus volúmenes, el terreno adecuado y los detalles de fabricación de los tanques y tuberías. Como los tanques tienen gran variedad de formas, y como las tuberías y tanques se intersecan con diferentes ángulos, el problema necesitará un análisis tridimensional. Hay que encontrar la longitud de las tuberías, desarrollar los tan-

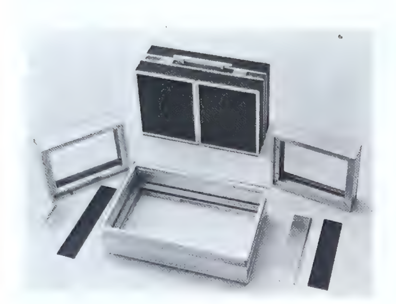
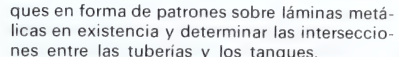


Fig. 6-3. El método de construcción de un tocadiscos estereofónico portátil se determinó mediante el perfeccionamiento de los conceptos preliminares.



Fig. 6-4. Aquí se muestra el tocadiscos ensamblado en su forma definitiva con los altavoces duales para escuchar estereofónicamente (Cortesía, con la figura anterior, de ALCOA.)



ques en forma de patrones sobre láminas metálicas en existencia y determinar las intersecciones entre las tuberías y los tanques.

El acceso a toda esta información capacitará al ingeniero para formular un diseño final con los detalles necesarios para su construcción. Como en lo posible se deben emplear los materiales existentes en bodega para disminuir costos, el diseñador debe revisar su diseño durante el perfeccionamiento para aprovechar los componentes disponibles. Los accesorios de tubería se diseñan para unir tubería con diferentes ángulos normalizados de unión; un sistema de refineria deberá diseñarse de manera que las uniones se hagan con este tipo de ángulos. Esto es posible mediante la aplicación de la geometría descriptiva.

6-3 APLICACIONES DE LA GEOMETRIA DESCRIPTIVA

La geometría descriptiva es el estudio de los puntos, líneas y superficies en el espacio tridimensional. Esta área de estudio tiene gran aplicación en el perfeccionamiento de un diseño preliminar y su análisis. La geometría descriptiva puede aplicarse a problemas de ingeniería difíciles de resolver por otros métodos. Por ejemplo, el plano de tuberías de la figura 6-6 hace uso considerable de la geometría descriptiva antes de que se determinen y espe-



Fig. 6-5. Esta planta para procesamiento de gas es un ejemplo de un sistema que necesita considerable análisis espacial y aplicación de los principios de la geometría descriptiva. (Cortesía de Humble Oil and Refining Company.)

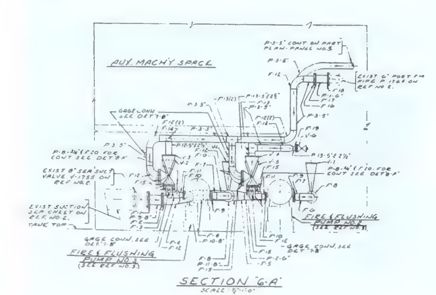


Fig. 6-6. Este plano de tuberías ilustra muchas aplicaciones de la geometría descriptiva empleadas para detallar un sistema complicado en un destructor naval. (Cortesía de Boston Naval Shipyard.)

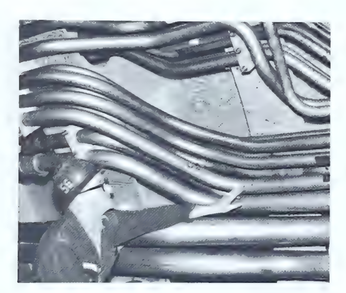


Fig. 6-7. Ejemplo de un sistema de tuberías de un submarino, que puede ser resuelto con métodos de geometría descriptiva parecidos a los empleados en el plano de la fig. 6-6.

cifiquen las dimensiones de los tubos. La figura 6-7 muestra una fotografía de tuberías instaladas. La geometría descriptiva es el principal método empleado para perfeccionar un diseño de este tipo. Los ángulos de doblado se calculan y especifican fácilmente con la geometría descriptiva, mientras que la solución matemática de este problema lo haría más complejo de resolver.

Otro ejemplo de un problema perfeccionado con la ayuda de la geometría descriptiva es el de la estructura de la esfera submarina, de 3 m de diámetro, de la fig. 6-8. Antes de hacer los planos de trabajo, hay que determinar las propiedades físicas y dimensiones del pentágono esférico por medio de una serie de vistas auxiliares. La determinación de los ángulos entre miembros se hizo necesaria antes de que se detallaran las uniones que produjeron la estructura rígida de la fig. 6-9. Otro perfeccionamiento fue el desarrollo de los soportes necesarios para sostener los elementos durante el ensamblaje (fig. 6-10). La solución de este problema sería imposible de hallar sin los principios de la geometría descriptiva.

Otro ejemplo del empleo de la geometría descriptiva se encuentra en el equipo compactador de nieve utilizado en el Antártico (figura 6-11). Las platinas necesarias para agarrar los miembros de la estructura que se intersecan en ángulos oblicuos se diseñaron y perfeccionaron con el auxilio de la geometría descriptiva. La solución de problemas de este tipo es muy complicada cuando se resuelve mate-



Fig. 6-8. Esta estructura de una esfera submarina de 3 m de diámetro no se hubiera podido diseñar sin los métodos de la geometría descriptiva.

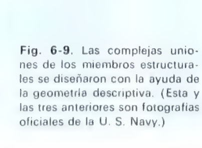




Fig. 6-9. Las complejas uniones de los miembros estructurales se diseñaron con la ayuda de la geometría descriptiva. (Esta y las tres anteriores son fotografías oficiales de la U. S. Navy.)

máticamente; por el contrario, los principios de la geometría descriptiva se pueden aplicar con un mínimo de dificultad.

En la fig. 6-12 aparece un plano general empleado para el perfeccionamiento del diseño de una pieza de automóvil. Aquí, la labor del diseñador fue determinar las limitaciones del tamaño de la apertura del guardafangos para obtener el mínimo espacio entre la rueda y el guardafangos. La rueda se gira al ángulo máximo para localizar líneas de interferencia que determinen la apertura mínima del guardafangos delantero. En la parte izquierda del plano aparece un corte vertical del borde del guardafangos. La línea X en la vista de planta muestra la parte más baja del borde del guardafangos, que es la línea de interferencia potencial. Aparece también la llanta de mayor tamaño. El corte Z-Z de la forma de la llanta se ha hecho cuando está en la posición previamente detallada. Las secciones de la llanta, sombreadas sobre la línea X, indican las condiciones que determinan la apertura del guardafangos.

6-4 PRESENTACION DE LA GEOMETRIA DESCRIPTIVA

Los seis capítulos siguientes se dedicarán a la presentación de los fundamentos de la geometría descriptiva más comúnmente aplicados al perfeccionamiento de problemas de diseño. En cada capítulo se darán muchos ejemplos de aplicaciones prácticas para ilustrar los usos de la geometría descriptiva en problemas comunes de diseño. Los principios descritos se pueden aplicar esencialmente a todos los problemas tridimensionales que contengan relaciones entre puntos, líneas y superficies; por lo tanto, dan al ingeniero acceso a una valiosa herramienta para resolver problemas.

Los principios fundamentales de la geometria descriptiva se presentan por el método de pasos sucesivos; en este método, los problemas se dividen en pasos sucesivos para proporcionar al estudiante el medio de seguir la solución con el mínimo de confusión producida por líneas y construcciones superfluas (fig. 6-13). Cada paso sucesivo se ha impreso en color para darle énfasis y facilitar su inter-

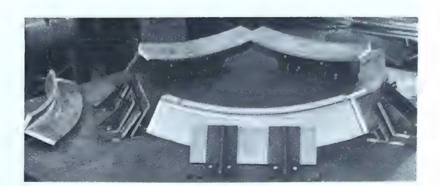


Fig. 6-10. Los soportes utilizados para ensamblar la estructura se diseñaron con la ayuda de la geometría descriptiva.



Fig. 6-11. En el diseño y fabricación de este equipo compactador de nieve se usaron los principios de la geometría descriptiva para perfeccionar las ideas preliminares. (Esta y la anterior son fotografías oficiales de la U. S. Navy.)

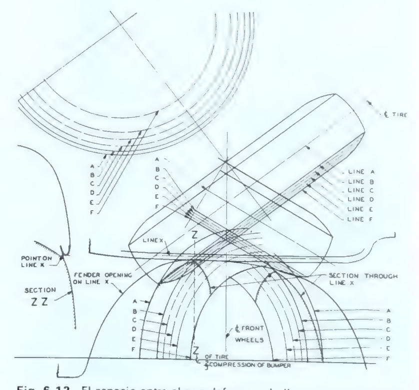
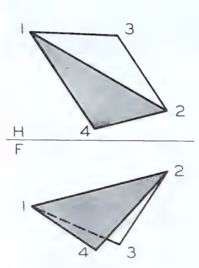
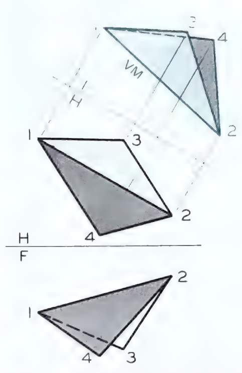


Fig. 6-12. El espacio entre el guardafango y la llanta se emplea para encontrar la apertura del guardafango de un automóvil, aplicando la geometría descriptiva y los métodos gráficos. (Cortesía de Chrysler Corporation.)

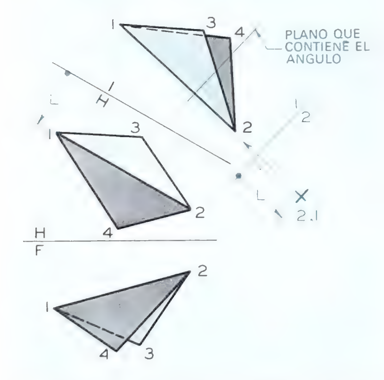
ANGULO ENTRE DOS PLANOS OBLICUOS



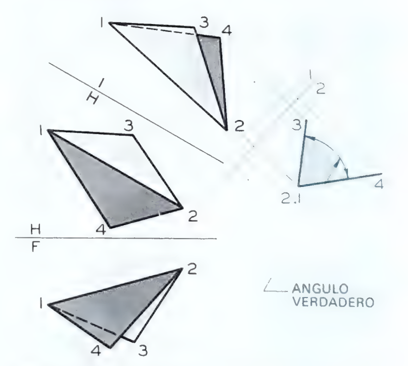
Dadas: Las vistas de arriba y frente de dos planos que se cortan.
Se pide: El ángulo formado por los dos planos.
Referencia: Sección 9-4, sección 8-10.



Paso 1: El ángulo entre los dos planos aparece en una vista en que la línea de intersección se vea de punta. Primero, proyéctese a partir de una vista principal de la línea de intersección una vista auxiliar simple, perpendicular a esta línea. En este caso, la vista se proyecta a partir de la vista de arriba. La línea 1-2 debe aparecer en verdadera magnitud en la vista auxiliar simple.



Paso 2: Se encuentra la vista de punta de la línea de intersección en una vista auxiliar doble. Localícese esta vista, llevando la medida L a partir de la vista de filo del plano primario de proyección, tal como se muestra. El plano que contiene el ángulo aparece de filo y perpendicular a la línea de intersección en verdadera magnitud en la vista auxiliar simple.



Paso 3: Complete las vistas de filo de los planos en la vista auxiliar doble, localizando los puntos 3 y 4 como se hizo en el paso 2. En esta vista se puede medir el ángulo entre dos planos, puesto que la línea de intersección de los planos aparece de punta y éstos de filo.

Fig. 6-13. Un ejemplo del método de los pasos sucesivos para la presentación de un problema de geometría descriptiva. En este caso, se halla el ángulo entre dos planos oblicuos; a cada paso se han asociado instrucciones.

pretación. Se da una breve explicación de los pasos de la solución en el texto colocado exactamente bajo cada paso de la construcción para proporcionar la máxima asociación entre la construcción y la explicación. Además, se dan explicaciones en el contenido regular del texto para complementar las instrucciones de cada paso.

Este método de presentación se probó durante un semestre, durante el cual se tomaron y utilizaron aproximadamente 3000 ejemplos para comparar sus ventajas respecto a la presentación convencional de los problemas de geometría descriptiva, en la cual los problemas se presentan completamente con notas y construcciones en una sola figura. Se encontró que el método de los pasos sucesivos era superior en todos los casos y produjo calificaciones superiores en un 20 por 100 en los problemas más difíciles.* Esta presentación es adecuada para el estudio en casa y la auto-instrucción y puede servir como futura referencia para resolver problemas de geometría descriptiva. Muchas veces, este método perfeccionado de presentar los principios de la geometría descriptiva disminuye el tiempo de instrucción dedicado a la presentación de los principios y permite dedicar más tiempo al diseño y al aspecto de la aplicación de los métodos gráficos.

Los problemas se han reducido a los elementos fundamentales: puntos, líneas y superficies, para simplificar los principios básicos. Todos los problemas que se presentan en ingeniería pueden reducirse a estos elementos y resolverse de igual manera que los problemas de ejemplo. El paso inicial de la solución de un problema es la identificación del tipo de problema encontrado. Si, por ejemplo, se desea encontrar el ángulo entre dos planos de un diseño, el problema puede resolverse con los dos planos del problema en cuestión y tratarse como una aplicación de este principio. Por ejemplo, el ángulo entre los dos planos de un parabrisas de automóvil se halla en la figura 6-14 una vez obtenidas las vistas ortogonales.

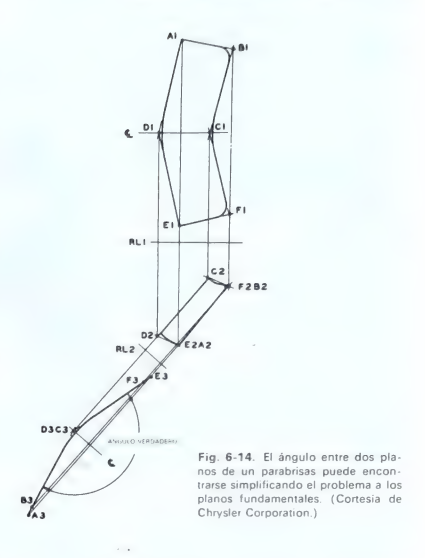


Fig. 6-14. El ángulo entre dos planos de un parabrisas puede encontrarse simplificando el problema a los planos fundamentales. (Cortesía de Chrysler Corporation.)

Los capítulos siguientes deben leerse cuidadosamente y repasarse meticulosamente después, puesto que los principios expuestos en ellos pueden aplicarse en gran extensión para perfeccionar soluciones preliminares de un diseño. Como la etapa de perfeccionamiento en el proceso de diseño suministra la transformación de una idea preliminar en las especificaciones necesarias e información requerida para la preparación de los planos de trabajo, es, por tanto, la etapa de solución del problema en un proyecto de diseño. En esta etapa se emplean extensamente los métodos gráficos, siendo la geometría descriptiva la herramienta principal para resolver muchos problemas que no se prestan a soluciones matemáticas.

6-5 PERFECCIONAMIENTO DE UN DISEÑO DE INGENIERIA

Un ejemplo de un problema de diseño encontrado en un programa de investigación y des-

* Earle, James H., «An Experimental Comparison of Three Self-Instruction Formats for Descriptive Geometry» (Tesis doctoral inédita, Texas A & M University, 1964.)

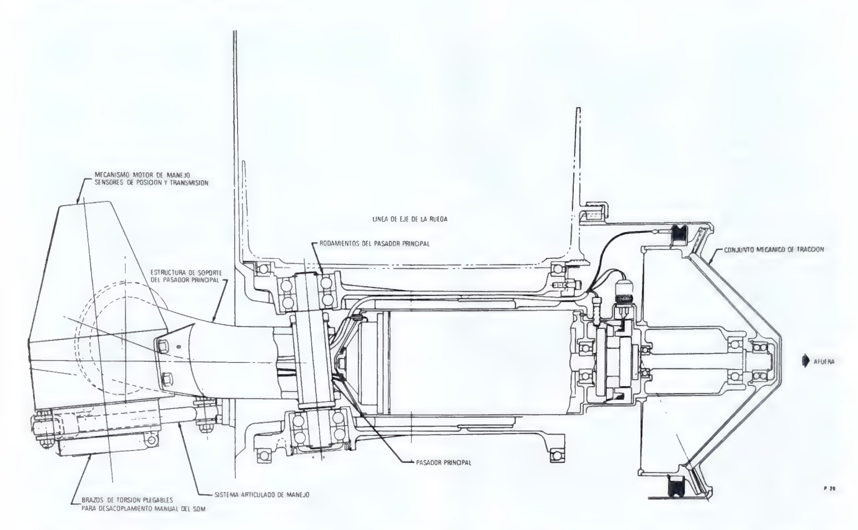


Fig. 6-15. Un plano preliminar para perfeccionamiento de la rueda lateral izquierda de un vehículo diseñado para viajar sobre la superficie de la luna. (Cortesia de Bendix Coporation.)

arrollo fue la elaboración del diseño de un laboratorio móvil que pudiera viajar sobre la superficie de la luna. El vehículo debía estar en condiciones de moverse con dos tripulantes durante 14 días con un radio de acción de 250 millas. La empresa responsable del diseño del mecanismo con tracción en las cuatro ruedas (TDM) y del mecanismo de dirección de las ruedas delanteras (SDM) fue Bendix Corporation.

Fue necesario preparar muchos diseños preliminares que suministrasen una selección de soluciones posibles de este problema, las cuales se evaluaron para determinar el diseño más apropiado a las necesidades del proyecto. La fig. 6-15 muestra el diseño general de TDM y SDM de la rueda lateral izquierda delantera, que incorpora motores de CD en serie, sistemas de embrague eléctrico y, finalmente, transmisión oscilante herméticamente sellada. El TDM se diseñó de manera que se pudiera montar dentro del árbol de cada rueda. Aunque estos planos se hicieron a escala, no son planos de trabajo, puesto que no contienen dimensiones e información indispensables para la construcción. Es sencillamente un plano para perfeccionar el bosquejo preliminar. Nótese que el plano contiene muchos ángulos oblicuos, que sólo se pueden hallar por geometría descriptiva.

En la fig. 6-16 aparece una perspectiva del diseño perfeccionado ya presentado en la fig. 6-15 y que explica mejor el concepto al comprador. En esta perspectiva parcial en corte se pueden comprender fácilmente las relaciones entre las diferentes partes del conjunto. Este concepto final fue aceptado y se firmó el contrato.

Se hizo un contrato para continuar el diseño y la fabricación de un vehículo de prueba de movilidad (MTA) que permitiera el ensayo del sistema de movimiento del laboratorio mó-

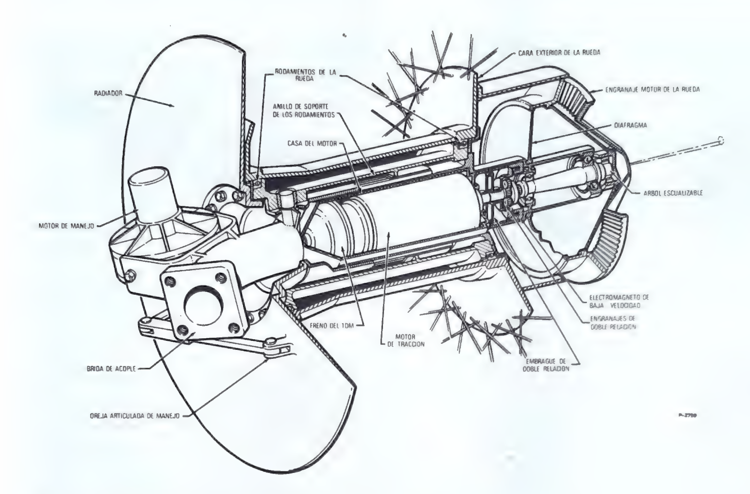


Fig. 6-16. Perspectiva del conjunto de la fig. 6-15, que aclara su ensamblaje.

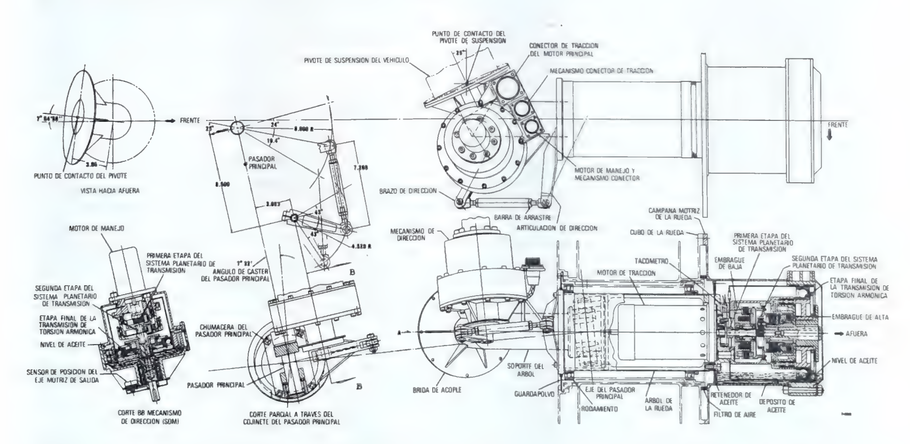


Fig. 6-17. El perfeccionamiento final del mecanismo de las ruedas se logra mediante la aplicación de geometría descriptiva para determinar las propiedades físicas de su sistema de palancas. También se emplean vistas auxiliares para completar el diseño. Nótese que este conjunto es mucho más complicado que el perfeccionamiento inicial de la fig. 6-15. (Cortesía, con la figura anterior, de Bendix Corporation.)

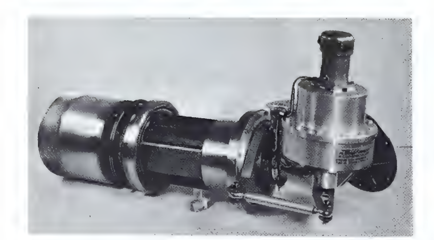


Fig. 6-18. Fotografía del conjunto de la rueda en forma terminada para entrega. (Cortesía de Bendix Corporation.)

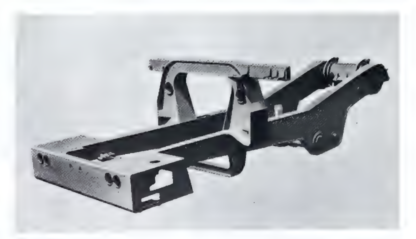


Fig. 6-19. Los principios de la geometría descriptiva se emplearon para lograr la configuración final de este chasis para un camión de servicio pesado. (Cortesía de LeTourneau-Westinghouse Company.)

vil. Los mecanismos del TDM y del SDM del vehículo de prueba debían reunir las mismas características de movimiento que el diseño propuesto para el laboratorio móvil, dentro de ciertos límites de costo y tiempo. La figura 6-17 muestra el estado final de perfeccionamiento. Este dibujo muestra los mecanismos del MTA utilizados en los sistemas de TDM y SDM. Se dibujaron las dos vistas ortogonales adyacentes para permitir la proyección de vistas auxiliares, mediante métodos de geometría descriptiva, en las cuales se pudieran determinar las dimensiones principales del mecanismo directriz. La geometría descriptiva también se utilizó para encontrar la posición de la brida de acople apropiada para su sujeción al pivote de suspensión. Comparando este dibujo con el perfeccionamiento inicial, se puede notar el incremento en complejidad que aparece en el diseño final.

La fig. 6-18 es una fotografía del mecanismo entregado. Este es un problema típico de los que se encuentran en la industria. No importa el grado de complejidad del diseño o del sistema empleado, bien sea hidráulico, electrónico o mecánico, el producto final debe diseñarse de tal forma que pueda ensamblarse como una unidad. El diseño de este conjunto requirió la aplicación de relaciones espaciales y de principios de geometría descriptiva para hallar las relaciones principales.

Otro problema de este tipo es el del diseño del chasis de un camión de servicio pesado (fig. 6-19). Esta estructura se compone de varios planos y superficies que se cortan, los cuales deben perfeccionarse para efectuar su análisis de resistencia mediante principios de ingeniería. Se debe determinar la verdadera magnitud de las superficies inclinadas y los ángulos entre planos secantes y alas de viga. Se debe conocer esta información antes de estar en condiciones de completar los planos de trabajo. Una vez más, la geometría descriptiva constituye el método primordial utilizado en la obtención de este tipo de información.

6-6 FORMATO DE LAS HOJAS DE PERFECCIONAMIENTO

El trabajo de identificación de problemas y las ideas preliminares se archivan en hojas de trabajo, de 21 × 28 cm y cuadriculadas si se desea. El nombre del diseñador, el título del proyecto, la fecha y el número de la página forman el encabezamiento de cada hoja para complementar la organización del trabajo. En algunos casos, este mismo formato será suficiente para el trabajo de perfeccionamiento; sin embargo, puede ser conveniente trabajar en hojas más grandes que permitan construcciones y proyecciones más exactas, necesarias en esta etapa del proceso de diseño. Se sugiere un tamaño de 42 × 28 cm, de tal modo que se pueda doblar en el formato 21 × 28 para facilitar su inclusión con el resto del material acumulado (fig. 6-20). Se debe utilizar el mis-

mo encabezamiento para asegurar la continuidad de las hojas y la fácil referencia. Otra información adicional se puede presentar en un cuadro informativo, según se sugiere en el capítulo 18. Puesto que los dibujos deben hacerse a escala y con instrumentos, es más conveniente usar papel blanco en vez de papel cuadriculado. Se pueden obtener copias de los trazados para su comprobación y modificación sin peligro de dañar el original.

Los dibujos de perfeccionamiento no son planos de trabajo, sino dibujos a escala empleados para resolver problemas aislados y para determinar información indispensable en la elaboración de los planos definitivos de trabajo. En estos dibujos se pueden omitir las dimensiones, excepto cuando sean necesarias para la comprensión del dibujo. Se deben incluir dimensiones tales como longitudes totales del objeto y las medidas específicas obtenidas por medio de proyecciones de geometría descriptiva.

El perfeccionamiento del problema debe comprender más de una idea preliminar, a menos que una idea sea visiblemente superior a las demás. Si se perfeccionan varias ideas preliminares, es muy probable que el diseño óptimo se escoja de acuerdo con criterios firmes. Además, el perfeccionamiento de varios diseños puede conducir a un diseño combinado que presente las mejores características de los diversos diseños preliminares. Se debe evitar la tentación de concentrarse en una sola idea hasta cuando se llegue a la fase decisoria del proceso del diseño.

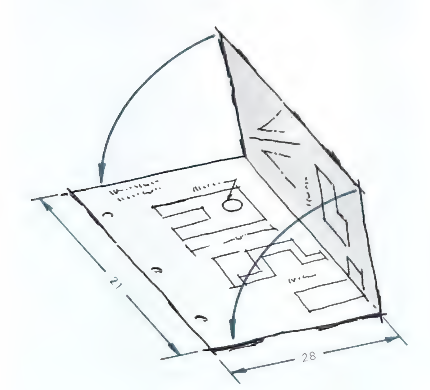


Fig. 6-20. Se sugiere el uso de hojas de 42 × 28 cm cuando se requiere un formato mayor. Una hoja de este tamaño se puede doblar al formato regular de 21 × 28 cm para facilitar su inclusión con el resto del material.

Aunque aquí se ha destacado la importancia de la geometría descriptiva como herramienta fundamental en el perfeccionamiento del diseño, existen otros métodos gráficos igualmente esenciales en el desarrollo de las ideas preliminares. Los principios de dibujo de ingeniería, presentados en el capítulo 5, deben emplearse en el perfeccionamiento de los detalles normalizados de construcción y fabricación. Se emplea toda clase de gráficos de ingeniería —perspectivas, proyeccciones ortogonales, cortes y métodos convencionales— puesto que el proceso de perfeccionamiento es el método mediante el cual el ingeniero desarrolla sus ideas y las comunica a sí mismo y a los demás. Un análisis de los dibujos detallados y a escala de sus conceptos preliminares le proporciona la información necesaria para iniciar la siguiente etapa, el análisis de sus diseños.

Los dibujos realizados durante el proceso de perfeccionamiento deben emplear las técnicas y los materiales sugeridos en el capítulo 5. Los letreros y trazados deben estar mejor elaborados que en los bosquejos preliminares. Estos dibujos serán más fáciles de leer y de reproducir y serán mucho más exactos, sin llegar a ser planos de trabajo, sino únicamente perfeccionamiento de las ideas preliminares. Los planos de trabajo definitivos se elaboran posteriormente al análisis del diseño perfeccionado.

6-7 PERFECCIONAMIENTO EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS

El problema de la silla de cacería se utiliza para ilustrar el método de perfeccionamiento del diseño preliminar de un producto. El problema dice así:

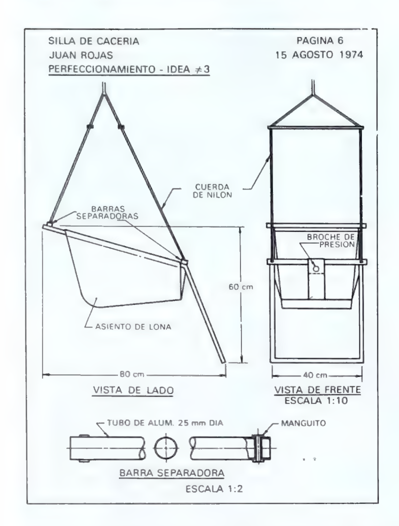


Fig. 6-21. Dibujo de perfeccionamiento de la idea ≠ 3 para la silla de cacería desarrollada en la fig. 4-25. En el dibujo a escala sólo se dan las dimensiones generales.

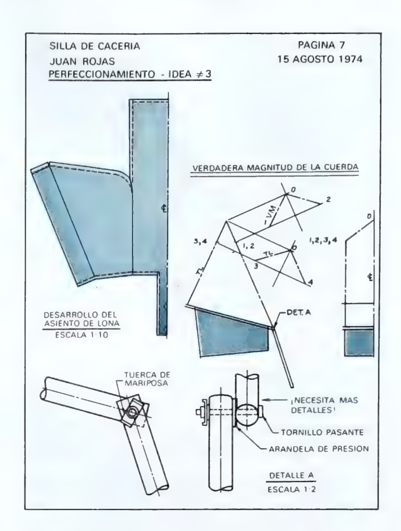


Fig. 6-22. El diseño de la silla de cacería se perfecciona por medio de geometría descriptiva y de dibujos de perfeccionamiento. Se necesita un gran número de dibujos de este tipo para perfeccionar completamente el concepto preliminar.

Problema de la silla de cacería. Muchos cazadores, especialmente de venado, cazan desde los árboles para obtener cierta ventaja. El estar sentado en un árbol durante varias horas puede resultar incómodo y peligroso para el cazador; esto sugiere la necesidad de una silla de cacería que corrija esta situación. Diseñe una silla que acomode al cazador en forma segura mientras permanece en el árbol, sin olvidar los requisitos de costo y las limitaciones del cazador.

Las ideas preliminares de este diseño se presentaron en la sección 4-9 y a ella se debe hacer referencia para revisar los conceptos que se van a desarrollar. En este ejemplo de dibujo para perfeccionamiento se ha seleccionado únicamente un concepto entre los varios que deben estudiarse en una situación real de perfeccionamiento. Los principios de geometría descriptiva y dibujo de ingeniería se utilizan para perfeccionar los diseños preliminares.

La fig. 6-21 muestra la primera hoja de trabajo del proceso de perfeccionamiento de la idea 3, en donde se presenta la silla, a escala, en vistas ortogonales. Se han esbozado los componentes estructurales, pero no se ha intentado dar una representación detallada de cada parte, pues esto restringiría el proceso de perfeccionamiento. Los elementos tubulares, tales como las barras separadoras, se han delineado cuadradas en vez de circulares, pues es más fácil dibujarlas así, además de que la representación cuadrada ofrece el mismo servicio en esta etapa del proceso. Se han omitido algunas líneas invisibles. La condición importante en los dibujos de perfeccionamiento es que se hagan a escala para dar el sentido

de las proporciones y, a partir de ellos, determinar ángulos, longitudes, formas y otras características físicas importantes. Las dimensiones globales se presentan en el dibujo con el fin de definir tamaños generales. Se presenta también el detalle de la barra separadora para indicar la idea del manguito a través del cual pasa la cuerda de nilón. Estos manguitos evitan el corte de la cuerda por los filos metálicos del tubo, como sucedería si no hubiese manguito.

Otros problemas de perfeccionamiento se resuelven en la fig. 6-22 mediante la aplicación de principios de geometría descriptiva. Se desarrolla un patrón aproximado de la silla de lona para indicar el método de fabricación. Las líneas punteadas se trazan para indicar detalles de montaje. Este es un patrón preliminar que tendrá que ser analizado y desarrollado hasta obtener el diseño más funcional. Las longitudes de las cuerdas de nilón se hallan por medio de geometría descriptiva a partir de las dos vistas ortogonales dadas. El método para ajustar y asegurar el estribo se perfecciona en el detalle A del dibujo. En este caso se emplea una tuerca de mariposa para apretar los elementos tubulares contra una arandela de presión, de tal manera que el estribo se pueda fijar en cualquier posición deseada.

La nota en color indica que se necesitan detalles adicionales para aclarar esta junta. También es necesario estudiar el método de sujeción de la cuerda de nilón cerca de esta unión. Los dibujos adicionales de este tipo son indispensables para el perfeccionamiento detallado del diseño. Estos dibujos le permiten al diseñador comunicarse consigo mismo y formular las dimensiones y configuraciones necesarias en la siguiente etapa, el análisis. Estas dos hojas de ejemplo no representan el proceso completo de perfeccionamiento; únicamente son los primeros dibujos del proceso que indican el tipo de dibujo necesario.

Obsérvese que se ha empleado un color distinto en la hoja de trabajo de la página 7 (fig. 6-22); en estos casos el color puede agregar énfasis al dibujo y mejorar la comunicación de la idea. El color debe añadirse a la copia y no al dibujo en sí, debido a que los sistemas de reproducción copian en un solo color o no copian si se emplea un color pálido. Por ejemplo, las líneas trazadas en tinta negra y las notas en tinta roja aparecerán azules en una copia heliográfica. Se pueden utilizar lápices, marcadores de fieltro, tinta u hojas transparentes de recubrimiento para colorear las copias cuando sea necesario.

6-8 PERFECCIONAMIENTO EN EL DISEÑO DE SISTEMAS

El problema de sistemas empleado en los capítulos anteriores, el diseño de un estacionamiento, se perfeccionará parcialmente para ilustrar este paso. El problema dice así:

Diseño de un estacionamiento. Seleccione un edificio de su universidad que necesite un estacionamiento para la gente que lo ocupa. Puede ser un edificio para residencia de estudiantes, administrativo o de aulas. Diseñe la combinación de sistemas de tráfico y estacionamiento adecuada, para las necesidades de ese edificio. La solución de este problema debe considerar los reglamentos, limitaciones y normas de su universidad para que sea realista.

Se revisan las ideas preliminares de la figuras 4-23 y 4-24 para determinar cuáles merecen perfeccionamiento y consideración como posibles soluciones. Se ha escogido la idea 3 como primer diseño preliminar que se va a perfeccionar. La fig. 6-23 muestra un dibujo a escala de la disposición del área para explicar el perfeccionamiento del bosquejo preliminar. Se verifica el plano, tanto matemática como gráficamente, para estar seguro de que se dispone del espacio adecuado para los autos asignados al lote. Se perfecciona el flujo de vehículos de acuerdo con las necesidades del estacionamiento y se señalan las calzadas de tránsito de peatones. Se puede sombrear a colores una copia heliográfica o xerox, para señalar nuevas áreas pavimentadas de estacionamiento y arterias de acceso. También se dan dimensiones, a partir de las cuales se pueden calcular las áreas necesarias y hacer el análisis económico.

En la fig. 6-24 aparecen la entrada y las vías de acceso, detalle A, como ejemplo de

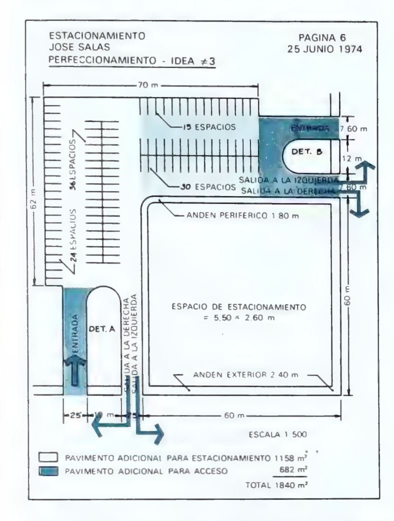


Fig. 6-23. Un sistema, el diseño del estacionamiento, se perfecciona mediante este dibujo a escala, en donde se indican las direcciones de circulación de vehículos.

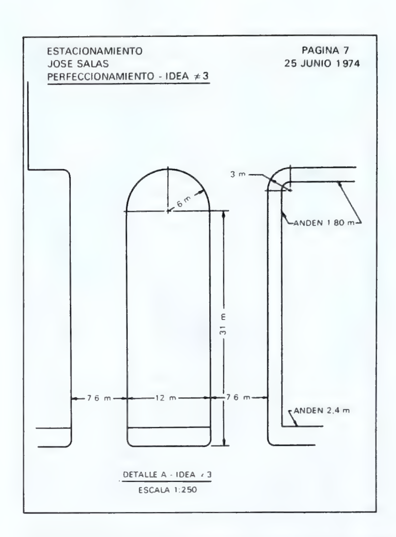


Fig. 6-24. El sistema de estacionamiento se perfecciona en detalle, ampliando las diversas áreas de su disposición. En esta etapa, sin embargo, sólo se muestran las dimensiones generales.

perfeccionamiento detallado que facilita el análisis del diseño en la siguiente etapa. Las dimensiones generales sirven como punto de comparación con las normas aceptadas en este tipo de estacionamientos. Aquí se dan los radios de curvatura de las calzadas, mientras que en la fig. 6-23 éstas aparecen como esquinas rectangulares. Los demás detalles del plano se dibujarán en la misma forma para ofrecer el perfeccionamiento detallado de todos los aspectos del estacionamiento. Estos dibujos no se muestran en esta serie.

Es probable que el diseñador perfeccione varias ideas por este mismo procedimiento, en vez de restringir su solución a una sola posibilidad. Los dibujos de perfeccionamiento son necesarios para apreciar realmente los méritos de las ideas preliminares bosquejadas generalmente sin escala. Es fácil, de esta manera, desechar un diseño más aceptable, cuyas características no son evidentes en el bosquejo, a no ser que se elaboren dibujos de perfeccionamiento a escala y se comparen con otros diseños bajo consideración. Esto es cierto tanto en el diseño de productos como en el de sistemas. La etapa de análisis del proceso de diseño contribuirá aún más a la selección de la solución más aceptable.

RESUMEN

El perfeccionamiento es el proceso de desarrollo de varias ideas preliminares en dibujos a escala, con el objeto de determinar mejor sus características físicas, dimensiones, ángulos y otras relaciones que influyen en su aceptación. Los dibujos de perfeccionamiento se deben dibujar exactamente a escala para sacar mayor provecho de los métodos gráficos. Estos dibujos pueden ser combinaciones de esquemas,

diagramas, vistas ortogonales y perspectivas que ayuden a desarrollar los conceptos preliminares del diseñador.

Los principios de geometría descriptiva se pueden utilizar para determinar las propiedades físicas importantes para el perfeccionamiento del diseño. De esta forma resulta más fácil encontrar ángulos, longitudes, formas y tamaños, que cuando se atacan por métodos matemáticos. Las soluciones a los problemas de este tipo deben anotarse y dimensionarse para suministrar un medio fácil de referencia en el futuro cuando se analice el diseño. Los dibujos de perfeccionamiento se añaden a las hojas de trabajo acumuladas durante el trabajo preliminar, las cuales se archivan en una carpeta o sobre.

Se perfeccionan varias ideas con el fin de ampliar las posibilidades del diseñador en la selección de la solución del diseño. El diseñador no debe desarrollar ni perfeccionar ideas preliminares obviamente inferiores pero debe perfeccionar todas aquellas que crea que tienen características deseables. El proceso de perfeccionamiento le dará al diseñador una mejor oportunidad para estudiar estos diseños con mayor detalle y, por consiguiente, lo capacitará mejor para sostener su decisión final. La decisión final, sin embargo, debe posponerse hasta después de la fase de análisis del proceso de diseño que viene a continuación de la etapa de perfeccionamiento. Los capítulos 13 y 14 presentarán la etapa de análisis del diseño, después de la cual se puede tomar la decisión final. Los capítulos 7 a 12 estudiarán con más detalle las construcciones geométricas y las convenciones del dibujo de ingeniería.

PROBLEMAS

Estos problemas deben presentarse en papel blanco o cuadriculado de 21 × 28 cm, según el formato de la sección 1-19. Cada cuadrícula representa 5 mm. Todos los dibujos, notas, bosquejos y otros trabajos gráficos deben presentarse en forma clara y de acuerdo con las normas introducidas en este libro. Los escritos deben hacerse utilizando letra de 3 mm y líneas de guía.

1. ¿Qué propiedades físicas requieren determinación en el perfeccionamiento del diseño de una silla campestre pleglable? ¿Qué propiedades físicas se necesitan en los siguientes productos: una base para televisores, un carrito de golf, un columpio infantil, una máquina de escribir portátil, una represa de tierra, un radio de onda corta, una tienda de campaña portátil, un carrito de bodega utilizado para mover cajas pesadas?

2. ¿Por qué se deben utilizar dibujos a escala en vez de bosquejos durante el perfeccionamiento de un diseño? Explique su respuesta.

3. Dé cinco ejemplos de problemas que impliquen relaciones espaciales que puedan resolverse por geometría descriptiva. Explique sus respuestas.

4. Dibuje a mano alzada dos planos inclinados que se corten. Indique, por medio de notas y ecuaciones algebraicas, cómo determinaría matemáticamente el ángulo entre estos planos.

5. ¿Cuál es la diferencia entre un plano de trabajo y un dibujo de perfeccionamiento? Explique su respuesta y dé ejemplos.

6. ¿Cuántos diseños preliminares deben perfeccionarse durante esta etapa del proceso de diseño? Explique.

7. Elabore dibujos de perfeccionamiento para los problemas identificados en la sección de problemas del capítulo 3: problemas 6 a 9 y 12 a 16. Compile y conserve estos dibujos con el resto del material acumulado durante todo el proceso de diseño. Puede ser necesario posponer la elaboración de estos dibujos de perfeccionamiento hasta que usted lea y entienda la teoría de los capítulos siguientes.

8. Haga una lista de otros dibujos de perfeccionamiento que pueden ser necesarios para

mejorar la comprensión del problema del estacionamiento presentado en la sección 6-8. Bosqueje los dibujos necesarios junto con notas que expliquen sus respuestas.

9. Haga una lista de los dibujos de perfeccionamiento que serían necesarios en el desarrollo del diseño y la instalación de una antena para radio de 30 m. Bosqueje a grandes rasgos los diversos dibujos necesarios y añada notas que expliquen su finalidad.

10. Enumere los dibujos que serían necesarios para perfeccionar un diseño preliminar de un espejo retrovisor para fijar en el exterior de un automóvil. Vea la fig. 4-19.

11. Suponiendo que se ha elaborado un dibujo de perfeccionamiento para la abrazadera de la fig. 4-26, explique qué nueva información obtenida de este dibujo puede ser útil en el análisis del diseño.

12. Después de haber elaborado un dibujo de perfeccionamiento, se encuentra que el diseño es deficiente en algunos aspectos y, por tanto, se desecha como posible solución. ¿Cuál sería el siguiente paso del diseñador? Explique.

13. ¿Pueden ser útiles las perspectivas como dibujo de perfeccionamiento? Explique.

14. Liste varios proyectos de diseño de los cuales pueda responsabilizarse un ingeniero o un técnico de su especialidad. Reseñe el tipo de dibujos de perfeccionamiento necesarios en esta clase de proyectos.

15. En el problema de la silla de cacería de la sección 6-7, ¿qué dibujos de perfeccionamiento son necesarios y no se presentaron en los ejemplos de las hojas de trabajo? Bosqueje los dibujos necesarios y explique por medio de notas lo que ellos pondrían de manifiesto.

7 RELACIONES ESPACIALES FUNDAMENTALES



7-1 PROYECCION ORTOGONAL

La preparación de los planos de ingeniería que deben ser utilizados por gran cantidad de personas que trabajan sobre un proyecto común desde diferentes localizaciones geográficas requiere un sistema universal de presentación. Este sistema, el de *proyección ortogonal*, se trató brevemente en el capítulo 5, relacionándolo con los métodos normalizados y las convenciones del dibujo de ingeniería. Ahora se dará una visión más profunda de la teoría que constituye el fundamento de esta forma normalizada de presentación.

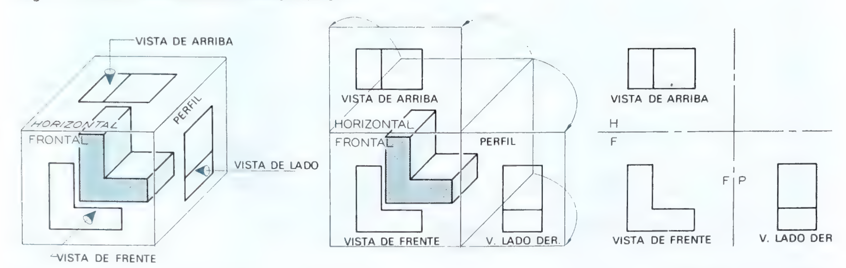
La proyección ortogonal puede definirse como el método para representar objetos tridimensionales por medio del uso de vistas proyectadas perpendicularmente sobre planos de proyección con líneas de proyección paralelas. Los tres planos de proyección mutuamente perpendiculares, llamados planos principales, aparecen en la fig. 7-1A como están colocados en el espacio. La parte B de la figura muestra la transformación de estos tres planos en un plano común (parte C). Este plano común es la hoja de papel en la cual el ingeniero, diseñador o dibujante debe representar un objeto tridimensional que puede variar de tamaño desde un tornillo hasta una viga de un gran puente. Como los planos de proyección son de tamaño infinito y, por lo tanto, no es necesario que posean perímetro, resulta innecesario, en consecuencia, indicar sus superficies como se indica en la parte C. Sin embargo, las intersecciones de estos planos, o líneas de doblez, generalmente se dibujan como se indica en la parte D para ayudar en la solución de los problemas de geometría descriptiva. Nótese que los tres planos principales —*horizontal, frontal* y de *perfil*— se representan por medio de letras sueltas H, F, y P colocadas al lado respectivo de las líneas de doblez. Se empleará este sistema de notación a través de todo el libro.

La fig. 7-1 ilustra, tanto en perspectiva como en vistas ortogonales, las relaciones entre los tres planos principales. Debe observarse que la *vista de frente* se proyecta sobre el plano de proyección frontal; la *vista de lado* sobre el plano de proyección de perfil y la *vista de arriba* sobre el plano de proyección horizontal. Este sistema permite representar objetos tridimensionales por medio de dos vistas bidimensionales relacionadas, de la manera que se desarrollará en este capítulo.

7-2 LAS SEIS VISTAS PRINCIPALES

Algunos objetos no pueden representarse completamente con las tres vistas mencionadas en la sección anterior, sino que requieren vistas separadas proyectadas a cada lado. El sistema de la proyección ortogonal permite dibujar seis vistas principales de un objeto dado. La figura

Fig. 7-1. PLANOS PRINCIPALES DE PROYECCION



A. Los tres planos principales de proyección empleados en la proyección ortogonal pueden ser considerados como planos de un cubo.

B. Se proyectan las vistas de un objeto sobre los planos de proyección, los cuales se abren sobre un plano común.

C. Se omiten los perímetros de los planos. Las líneas de doblez se dibujan y se anotan de esta manera al solucionar problemas de geometría descriptiva.

7-2A ilustra la manera en que el cubo imaginario formado por los seis planos principales se abre para formar un plano común, tal como aparece en la parte B de la figura. Debe observarse que los planos superior e inferior son ambos horizontales y se marcan con la letra H; las vistas de frente y posterior son ambas planos frontales y se marcan con la letra F y las vistas de lado derecho e izquierdo son ambas planos de perfil y se marcan con la letra P.

Sólo pocas veces son necesarias las seis proyecciones principales para describir un objeto. Es más común emplear vistas adicionales diferentes de las principales para describir ciertos detalles del objeto. Estas vistas se proyectan sobre planos llamados planos auxiliares, que no son paralelos a ninguno de los tres planos principales. En capítulos posteriores se estudiará este concepto, mientras que este capítulo se dedicará al estudio de las proyecciones principales.

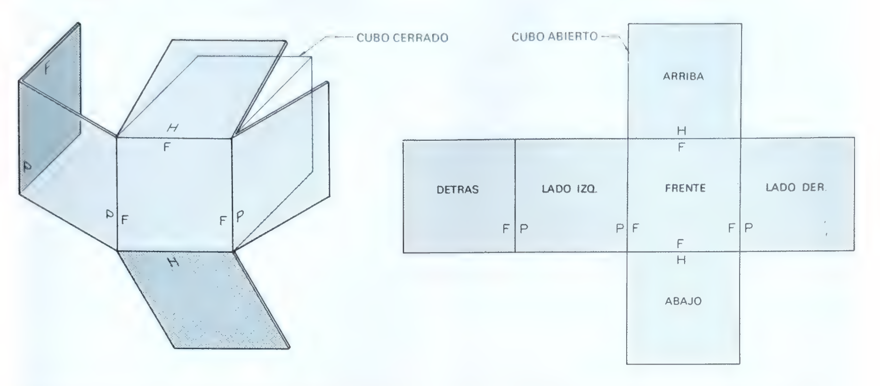
7-3 DIRECCIONES EN VISTAS MULTIPLES

Tanto en proyección ortogonal como en el lenguaje ordinario, hay ciertos términos que se utilizan para describir relaciones especiales. Los términos más comúnmente empleados son: delante, detrás, a la izquierda, a la derecha, arriba y abajo. Las combinaciones de estos términos permiten localizar un objeto en el espacio. Para tener una perfecta comprensión de los principios de la geometría descriptiva, es necesario tener conocimiento de la relación entre estos términos de dirección y las proyecciones ortogonales.

En la fig. 7-3A se muestran las direcciones paralelas a los sentidos arriba y abajo. Estas direcciones son perpendiculares al plano horizontal sobre el cual se proyecta la vista de arriba. Como las flechas que indican estas direcciones son verticales, si se muestran deberán aparecer de punta en el plano horizontal. La parte B muestra cómo pueden proyectarse ortogonalmente estas flechas direccionales sobre una superficie plana de dibujo. Obsérvese que las direcciones son perpendiculares al plano horizontal y paralelas a los planos frontal y de perfil en la colocación convencional; lo mismo sucede en la perspectiva. Las flechas de dirección proyectadas sobre los planos frontal y de perfil aparecen de igual longitud, puesto que son verticales.

En la fig. 7-4A se muestran en perspectiva las direcciones a la derecha y a la izquierda. Estas dos direcciones son perpendiculares al plano de perfil. Si los planos de proyección se giran a la posición convencional, las direcciones deben proyectarse como se muestra

Fig. 7-2. SEIS VISTAS DE UN OBJETO



A. Los seis planos de proyección del cubo imaginario se pueden abrir sobre un plano común para representar las seis vistas principales de un objeto.

B. Esta es la distribución estándar del dibujo de las seis vistas. Obsérvese que las líneas de doblez se anotan, empleando las letras F, H y P, para representar los tres planos principales.

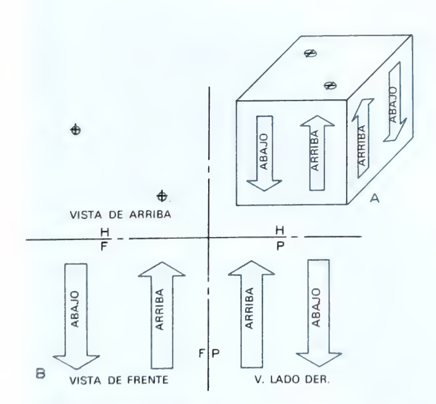


Fig. 7-3. Las direcciones arriba y abajo se ven en las vistas de frente y de lado en los dibujos ortogonales.

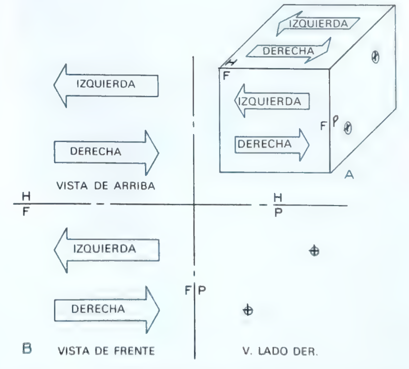


Fig. 7-4. Las direcciones izquierda y derecha se ven en las vistas de arriba y de frente en los dibujos ortogonales.

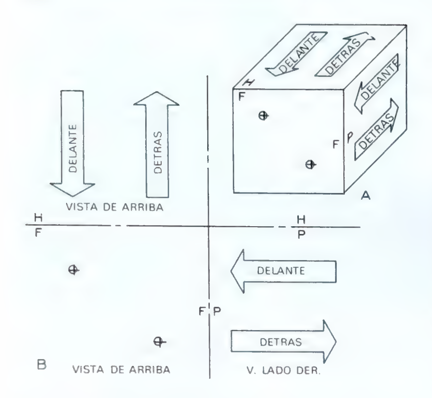


Fig. 7-5. Las direcciones delante y detrás se ven en las vistas de arriba y de lado en los dibujos ortogonales.

en la parte B. Estas flechas de dirección son paralelas al plano horizontal y perpendiculares al plano de perfil. Para localizar un punto situado a la derecha o izquierda de un punto dado, deben emplearse las vistas de frente y de arriba, ya que el plano de perfil no es representativo para esta diferencia de posición.

En la fig. 7-5A, se muestran las direcciones delante y detrás en perspectiva. Estas flechas de dirección son paralelas a los planos horizontal y de perfil. Estas relaciones también se ilustran en la parte B, en la disposición convencional de las tres vistas más usadas para proyección ortogonal. La localización de un punto en el espacio respecto a las direcciones delante o detrás debe hacerse en la vista horizontal o en la vista de perfil, puesto que no puede hacerse en la vista de frente.

La localización de un punto en un plano principal se establece conocidos dos de los tres grupos básicos de direcciones. Por ejemplo, un punto situado bajo el plano horizontal y a la izquierda del de perfil deberá localizarse en el plano frontal. La tercera dirección básica, delante o detrás del plano frontal, localiza el punto en el espacio tridimensional.

7-4 PROYECCION ORTOGONAL DE UN PUNTO

El punto es elemento geométrico básico que se emplea para establecer todos los demás elementos, cualquiera que sea su grado de complicación. El punto es una localización teórica en el espacio y no tiene dimensiones. Sin embargo, una serie de puntos puede engendrar líneas, superficies y volúmenes que son la base de nuestro mundo físico. La comprensión de las proyecciones ortogonales del punto capacitará al estudiante para proyectar cualquier forma geométrica sobre un plano ortogonal y, por ende, para resolver gran cantidad de problemas geométricos.

Un punto en el espacio debe proyectarse perpendicularmente sobre por lo menos dos planos principales para establecer su verdadera posición. La fig. 7-6A es una representación en perspectiva de un punto proyectado sobre los planos principales. Las letras minúsculas se emplean a veces para distinguir las proyecciones del punto respecto al punto localizado en el espacio, el cual se marca con una letra mayúscula.

En la fig. 7-6A se muestran las tres proyecciones ortogonales o vistas del punto *A*. El punto está a la misma distancia bajo el plano de proyección horizontal, tanto en la vista de frente como en la vista de lado derecho, y se localiza exactamente bajo la vista de arriba del punto A. Análogamente, las vistas de arriba y lado derecho del punto están a la misma distancia de la vista de filo del plano frontal. En la fig. 7-6 se muestran en perspectiva estas relaciones. Obsérvese que las líneas de proyección entre las tres vistas del punto 2 son perpendiculares a los planos principales (líneas de doblez) en las dos ilustraciones.

El punto *A* puede localizarse fácilmente a partir de una descripción verbal que haga uso de unidades de medida tomadas a partir de las líneas de doblez. Suponga que se han dado las siguientes coordenadas: (1) 4,6 unidades a la izquierda del plano de perfil, (2) 5 unidades bajo el plano horizontal y (3)

4 unidades detrás del plano frontal. La medida de las 11 unidades a la izquierda se puede establecer en las vistas de arriba y de frente, como se muestra en la fig. 7-7. Este procedimiento localiza una línea de proyección perpendicular a la línea de doblez HF. La medida de las 8 unidades bajo el plano horizontal define la posición exacta de la proyección frontal del punto *A*. La vista de lado derecho del punto *A* también debe estar sobre la línea de proyección, 8 unidades bajo el plano horizontal. La tercera coordenada, 10 unidades detrás del plano frontal, completará la localización de las vistas de arriba y lado del punto.

En la vista de arriba o vista en planta, los planos frontal y de perfil aparecen de filo. En la vista de frente o alzada, los planos horizontal y de perfil aparecen de filo y, en la vista de lado o elevación, los planos frontal y horizontal aparecen de filo. Estas relaciones permiten localizar dos coordenadas en cada vista, puesto que son medidas perpendicularmente a partir de planos que aparecen de filo. En cada vista principal se puede ver la vista de filo de los otros dos planos de proyección.

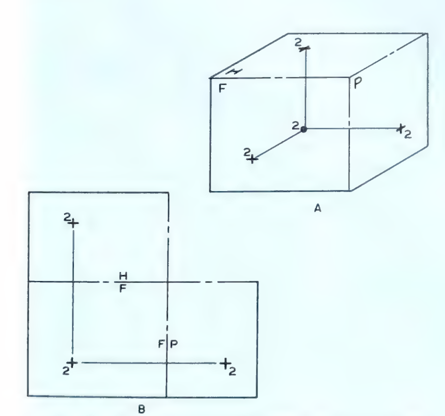


Fig. 7-6. Tres vistas de un punto proyectado sobre los tres planos principales: horizontal, frontal y de perfil.

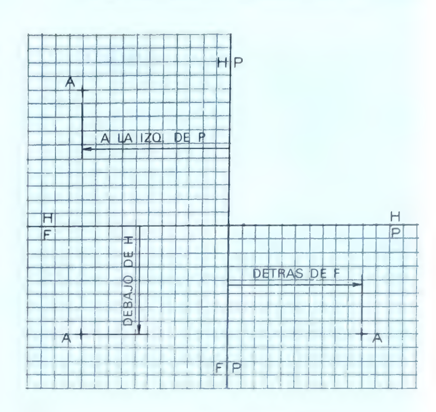


Fig. 7-7. Localización de un punto 8 unidades debajo del plano horizontal, 10 unidades detrás del plano frontal y 11 unidades a la izquierda del plano de perfil.

7-5 RECTAS

Una línea recta es la trayectoria mínima entre dos puntos situados en el espacio. La recta puede presentarse de tres formas: (1) de punta, (2) como una recta en verdadera magnitud y (3) como una recta acortada. La recta 1-2 aparece acortada en cada vista de la fig. 7-8A. La línea de vista siempre es perpendicular a una recta en verdadera magnitud; en otras palabras, una recta que aparece en verdadera magnitud es paralela al plano sobre el cual se ha proyectado. Estas relaciones se discutirán más tarde en los ejemplos siguientes.

Rectas oblicuas. Una *recta oblicua* es una línea que no es ni paralela ni perpendicular a los planos principales de proyección, como se muestra en la fig. 7-8A. Cuando la recta 1-2 se proyecta sobre los planos horizontal, frontal y de perfil, aparece representada como se muestra en la fig. 7-8B. El procedimiento para proyectar una recta es idéntico al que se sigue para proyectar un punto, como se trató en la sección 7-4. Deben proyectarse los puntos extremos y unirse con una recta

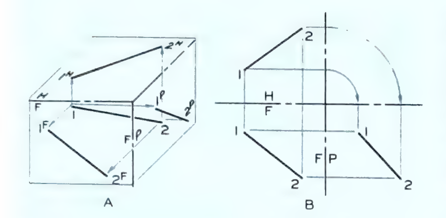


Fig. 7-8. Tres vistas ortogonales de una recta oblicua en el espacio.

para representar la línea. Una recta oblicua o acortada es el caso general de una recta. Puede, por tanto, tener cualquier dirección o longitud que no sea ni paralela ni perpendicular a ningún plano principal en cualquier vista. Generalmente, cada extremo de la recta se rotula para facilidad de referencia y para disminuir la posibilidad de error al proyectarla.

Rectas principales. Si una recta es paralela a un plano principal, se llama *recta principal*. Hay tres clases de rectas principales: (1) horizontal, (2) frontal y (3) de perfil, puesto que hay tres planos principales a los cuales pueden ser paralelas. Las rectas principales aparecen en verdadera magnitud en la vista donde el plano principal al cual son paralelas aparece en tamaño verdadero. Por ejemplo, las rectas horizontales aparecen en verdadera magnitud en la vista de arriba, que es la vista que muestra el plano horizontal en tamaño verdadero.

7-6 RECTAS HORIZONTALES

Una *recta horizontal* es paralela al plano horizontal, como se muestra en la fig. 7-9A. Una recta horizontal puede aparecer en infinito número de posiciones en la vista de arriba, con tal de que sea paralela al plano horizontal en las proyecciones frontal y de perfil, como se muestra en la fig. 7-9A. La línea de vista

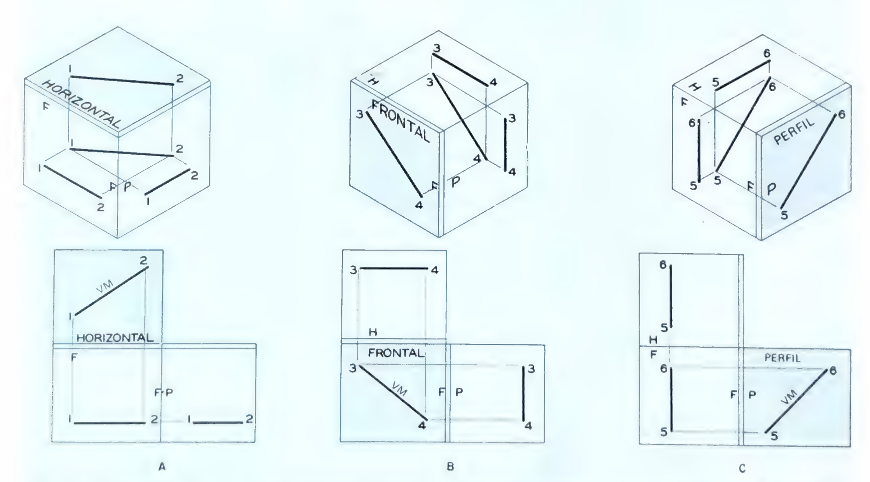


Fig. 7-9. Proyecciones de las tres rectas principales: horizontal, frontal y de perfil. Cada una de éstas es paralela a uno de los planos principales y aparece en verdadera magnitud cuando se proyecta sobre ese plano.

del observador es perpendicular al plano horizontal cuando mira la vista de arriba, que es la que da a la vista de este plano el tamaño verdadero. Por tanto, la recta horizontal aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba.

Nótese que, al observar la vista de arriba de una recta dada, no se puede deducir que la recta es horizontal; esto sólo puede deducirse a partir de las vistas de frente y lado. Una recta es horizontal si la representación de esta línea en dichas vistas es paralela a la línea de referencia H-F; una línea que en una de estas dos vistas aparezca de punta también es horizontal. Una línea que en la vista de frente aparezca de punta es una combinación de recta horizontal y de perfil, mientras que una línea que aparezca de punta en la vista de lado es una combinación de recta horizontal y frontal.

7-7 RECTAS FRONTALES

Recuérdese que la vista de frente de un objeto se proyecta sobre un plano principal llamado plano frontal. Una línea paralela a este plano es una recta principal y se denomina *recta frontal*. El plano frontal aparece en tamaño verdadero en la vista de frente, puesto que la línea de vista del observador es perpendicular a él (fig. 7-9B); también será perpendicular a cualquier recta paralela al plano frontal. En la fig. 7-9B se muestra cómo se proyecta esta recta en verdadera magnitud en la vista de frente.

Una recta frontal se proyecta paralela al plano frontal, tanto en la vista de arriba como en la vista de lado, en las cuales el plano frontal aparece de filo. Es posible deducir de las vistas de arriba y de lado que la línea 3-4 es una recta frontal, pero en la vista de frente es imposible. Una línea que aparece de punta en la vista de arriba es una combinación de recta frontal y de perfil. Una línea que aparece de punta en la vista de lado es una combinación de recta horizontal y frontal.

7-8 RECTAS DE PERFIL

La vista de lado se proyecta sobre el plano principal llamado plano de perfil, que aparece en tamaño verdadero en la vista de lado. La línea 7-8, que es paralela al plano de perfil, es una recta principal llamada *recta de perfil* (fig. 7-15). Como el plano de perfil aparece en tamaño verdadero en la vista de lado, una recta de perfil aparecerá en verdadera magnitud en esta vista.

La fig. 7-9C muestra las relaciones entre las tres vistas de una recta de perfil. La línea 7-8 es paralela al plano de perfil en las dos vistas en que éste aparece de filo, v. gr.: las vistas de arriba y de frente. Una línea que aparece de punta en la vista de arriba es una combinación de recta de perfil y frontal, mientras que una línea que aparece de punta en la vista de frente es una combinación de recta de perfil y horizontal.

7-9 LOCALIZACION DE UN PUNTO SOBRE UNA LINEA

Una línea está formada por un número infinito de puntos. La solución de problemas de geometría descriptiva necesita que sea determinada la localización de puntos específicos sobre líneas y superficies. La fig. 7-10 da las vistas

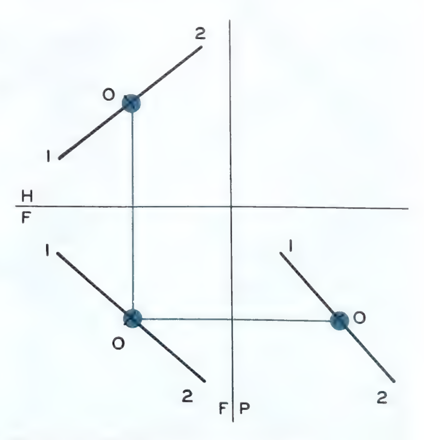


Fig. 7-10. Localización de un punto sobre una recta.

de arriba, frente y lado de la línea 1-2. Como los puntos extremos de esta recta se localizan con líneas de proyección que son perpendiculares a las líneas de referencia, cualquier punto sobre la línea se puede localizar aplicando los principios de proyección ilustrados en la figura. Por ejemplo, si el punto *O* se localiza sobre la línea de la vista de frente, la vista de arriba del punto se puede encontrar proyectándolo perpendicularmente a la línea de referencia H-F hasta encontrar el punto O^H sobre la línea en la vista de arriba. La vista de lado se halla proyectando el punto perpendicularmente a la línea de referencia F-P y luego a la vista de perfil de la línea 1-2.

Cualquier punto sobre la línea puede localizarse de igual manera. Si el punto está localizado en la mitad de la línea en cualquier vista, en las demás vistas debe aparecer siempre en el punto medio de la línea, aunque varíe su longitud proyectada. Cualquier otra razón que divida una recta también permanece constante en las otras vistas.

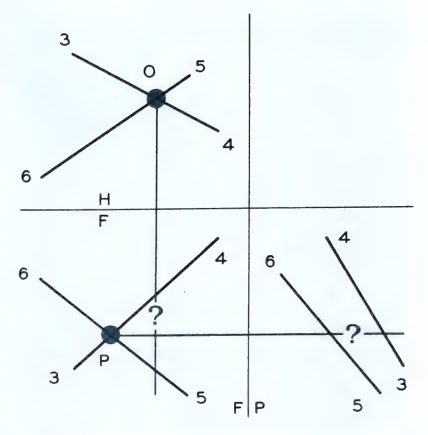


Fig. 7-11. Dos rectas que se cruzan no se cortan, a no ser que un proyector dibujado a partir del punto de intersección en una vista ortogonal pase por el punto de intersección en las vistas adyacentes. Estas rectas no se cortan.

7-10 RECTAS QUE SE CRUZAN

Dos rectas se pueden cruzar en varias vistas, pero el hecho de que se crucen no indica necesariamente que se corten. Las rectas 3-4 y 5-6 se cruzan en las vistas de arriba y frente de la fig. 7-11, aunque, al observar la vista de lado, es obvio que no se cortan.

Un punto de corte es un punto común a ambas líneas y debe, por tanto, proyectarse sobre ambas líneas en todas las vistas, como se hizo con el punto *O* de la fig. 7-10. Aunque en la fig. 7-11 no se diera la vista de lado, sería posible determinar si las rectas se cortan, proyectando el punto de cruce O^H a la vista de frente. Como las rectas no se cortan en un punto común sobre esta proyección, está claro que el punto *O* no es común a ambas rectas y, por tanto, no es punto de corte.

Por otra parte, la fig. 7-12 muestra dos rectas, 5-6 y 7-8, que se cortan en un punto común *O*, que es el punto de corte de todas las proyecciones, como en el caso de la fig. 7-10. Es necesario tener por lo menos dos vistas, porque es posible determinar a partir de ellas cuándo se cortan dos rectas cruzadas.

7-11 VISIBILIDAD DE RECTAS QUE SE CRUZAN

En la fig. 7-13 se dan dos rectas, *AB* y *CD*, que se cruzan en las vistas de arriba y de frente. Al aplicar el principio explicado en la sección 7-10, resulta obvio que estas rectas no se cortan. Sin embargo, se desea averiguar cuál de las rectas es visible en el punto de cruce.

En el paso 1, el punto de cruce de la vista de frente se proyecta a la vista de arriba. La línea de proyección interseca la recta *AB* antes que la recta *CD*, indicando que la recta *CD* está detrás de la recta *AB*. Esto establece que la recta *AB* debe ser visible en la vista de frente, puesto que la vista horizontal muestra verdaderas distancias a partir del plano frontal y por tanto la recta que está más cerca del plano frontal debe ser visible.

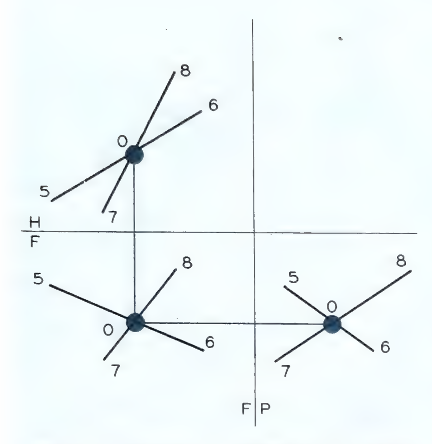


Fig. 7-12. Estas rectas que se cruzan también se cortan en realidad, puesto que el punto *O* es una proyección del punto de intersección en las vistas adyacentes.

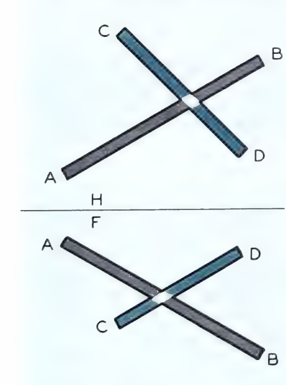
La visibilidad de la vista de arriba se establece proyectando a partir de esta vista el punto de cruce a la vista de frente, como se muestra en el paso 2 de la fig. 7-13. La línea de proyección interseca primero la recta *CD*, estableciendo con esto que esta recta está a mayor elevación que la recta *AB*, siendo, por tanto, visible en la vista de arriba.

La visibilidad de una vista dada no se puede establecer con el estudio de esta sola vista. Para establecer la visibilidad, es necesario inspeccionar la vista adyacente, como se explicó en este ejemplo.

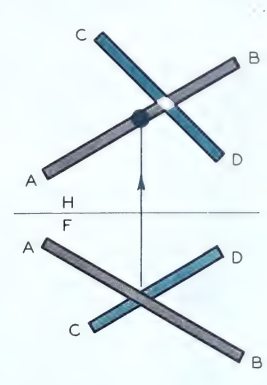
7-12 VISIBILIDAD DE UNA RECTA Y UN PLANO

El principio de visibilidad de rectas que se cruzan se aplica de la misma manera que se explicó en la sección 7-11 para hallar la visibilidad de una recta que se cruza con un plano. En la fig. 7-14 se dan las vistas de arriba y de frente del plano 1-2-3 y la línea *AB* que lo cruza.

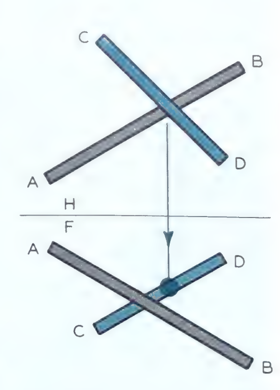
FIG. 7-13. VISIBILIDAD DE RECTAS



Dadas: Las vistas de arriba y de frente de las rectas *AB* y *CD*.
Se pide: Determinar la visibilidad de las rectas en ambas vistas.

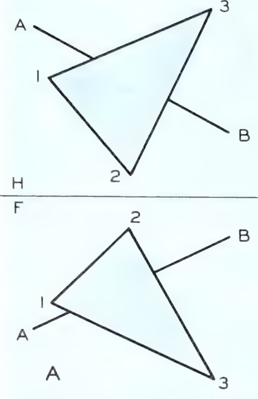


Paso 1: Proyectar el punto de intersección en la vista de frente a la vista de arriba. Este proyector se cruza con *AB* antes que con *CD*, por tanto, la recta *AB* está delante y es visible en la vista de frente.

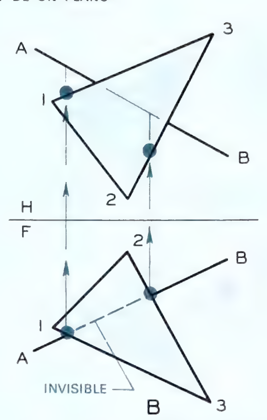


Paso 2: Proyectar el punto de intersección en la vista de arriba a la vista de frente. Este proyector se cruza con *CD* antes que con *AB*; por tanto, la recta *CD* está encima de *AB* y es visible en la vista de arriba.

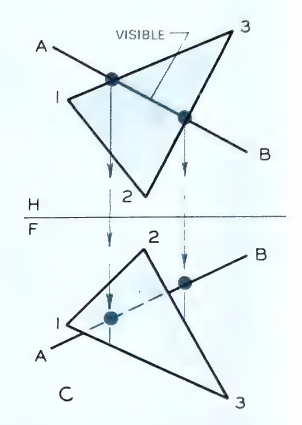
FIG. 7-14. VISIBILIDAD DE UNA RECTA Y DE UN PLANO



Dadas: Las vistas de frente y de arriba del plano 1-2-3 y de la recta *AB*.
Se pide: Encontrar la visibilidad del plano y de la recta en ambas vistas.



Paso 1: Proyéctense los dos puntos en que *AB* cruza el perímetro del plano desde la vista de frente hasta la vista de arriba. Estos proyectores cruzan primero las rectas del plano (1-3 y 2-3); por tanto, el plano está sobre la recta, de manera que ésta es invisible en la vista de frente.



Paso 2: Proyéctense en la vista de frente los dos puntos en que *AB* cruza el perímetro del plano en la vista de arriba. Estos proyectores cruzan primero la recta *AB*; por tanto, la recta está sobre el plano y es visible en la vista de arriba.

En el paso 1 se observa en la vista de frente que la recta *AB* se cruza con dos rectas del plano. Para hallar la visibilidad en la vista de frente, se proyectan estos puntos de cruce a la vista de arriba. En ambos casos las líneas de proyección intersecan primero las rectas del plano, antes de intersecar la recta *AB*, lo que indica que el plano está más cerca que la recta en la vista de frente. Por tanto, la porción de la recta que cruza el plano en la vista de frente es invisible, como se muestra con la línea de trazos de la figura.

La visibilidad de la vista de arriba se encuentra de una manera análoga, proyectando los puntos de cruce de la vista de arriba a la vista de frente (paso 2). Las líneas de proyección intersecan la recta *AB* antes que las rectas 1-3 y 2-3; en consecuencia, la recta *AB* está a una elevación mayor que el plano en la vista de arriba y aparece visible.

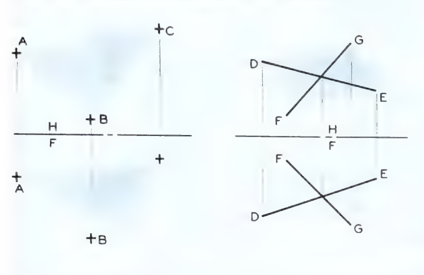
Estos métodos pueden utilizarse para hallar la visibilidad en casi todos los problemas de proyección ortogonal. Los métodos para las vistas auxiliares se discutirán en capítulos posteriores.

7-13 PLANOS

Mientras que las rectas sólo tienen una dimensión, la longitud, los planos tienen dos dimensiones que establecen un área. Los planos se pueden considerar de extensión infinita en algunos problemas. Sin embargo, en la solución de muchos problemas, por conveniencia, se utilizan segmentos de planos.

En la fig. 7-15, aparecen cuatro métodos para representar planos. Estos son (A) tres puntos no situados en línea recta, (B) dos rectas que se cortan, (C) un punto y una recta, (D) dos rectas paralelas. No es necesario limitar las áreas de los planos así localizados,

FIG. 7-15. REPRESENTACIONES DE UN PLANO.



A. Tres puntos que no forman una recta.

B. Dos rectas que se cortan.

C. Una recta y un punto que no está sobre la recta.

D. Dos rectas paralelas.

uniendo los puntos o rectas utilizados. Estos elementos únicamente establecen la localización necesaria para orientar el plano en el espacio de tal manera que se pueda emplear para resolver problemas de planos.

Los planos se pueden proyectar de una de las siguientes maneras (fig. 7-16): de filo, en tamaño verdadero o acortado. Los planos paralelos a uno de los tres planos principales de proyección —horizontal, frontal y de perfil— se llaman planos principales y deben aparecer en tamaño verdadero en una de las vistas principales. Cada uno de estos planos y la excepción, el plano oblicuo, se estudiará a continuación.

Plano oblicuo. Un plano oblicuo es un plano que no es paralelo a ningún plano de proyección principal en cualquier vista, como se muestra en la fig. 7-17A. Sus proyecciones pueden ser rectas o crear planos acortados de menor tamaño que el verdadero. La figura 7-17B muestra las tres vistas del plano 1-2-3. Este es el caso general de un plano. Cada vértice del plano se localiza en las diferentes vistas como si fuera un punto.

Plano horizontal. Un plano horizontal es paralelo al plano de proyección horizontal, como se muestra en la fig. 7-18B. Este tipo de plano es un plano principal y aparece en tamaño verdadero en la vista de arriba. La

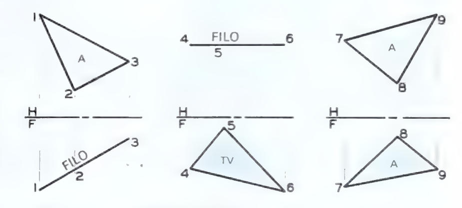


Fig. 7-16. En la proyección ortogonal, una recta puede aparecer de filo, en tamaño verdadero (TV) o acortado (A).

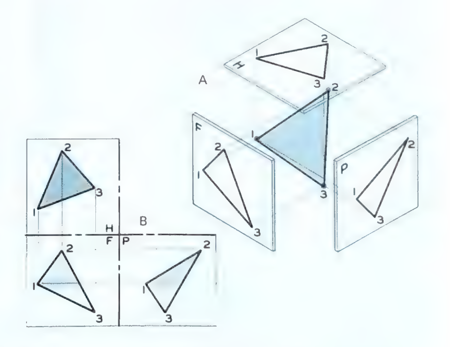


Fig. 7-17. Las tres proyecciones de un plano oblicuo.

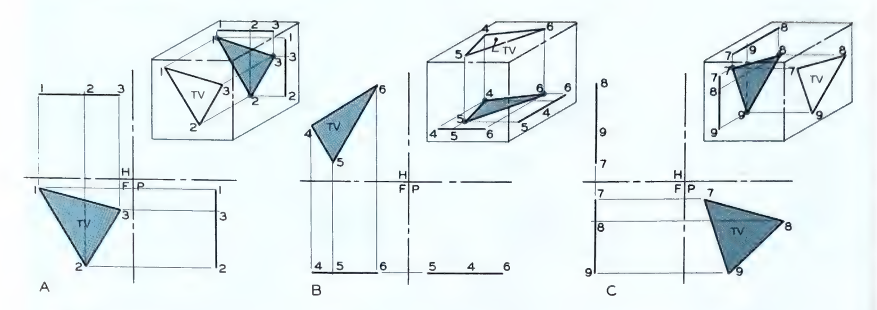


Fig. 7-18. Proyecciones de los tres planos principales: (A) frontal, (B) horizontal y (C) de perfil. Cada uno de éstos es paralelo a uno de los planos principales de proyección y aparece en tamaño verdadero sobre ese plano.

fig. 7-18B muestra las tres vistas ortogonales de un plano 4-5-6. Si un plano aparece de filo en las vistas de frente y lado, o si aparece en cualquiera de éstas y es paralelo a la línea de referencia H-F, el plano es horizontal. La inspección de la vista de arriba de por sí no es suficiente para determinar cuándo un plano es horizontal.

Plano frontal. Un plano frontal es paralelo al plano frontal de proyección, como se muestra en la perspectiva de la fig. 7-18A. Este plano principal aparece en tamaño verdadero en la vista de frente, y de filo en las vistas de arriba y lado. En la fig. 7-18A, la vista de filo del plano 1-2-3 se muestra paralela al plano frontal. Un plano frontal puede adoptar un número infinito de formas en la vista de frente, pero en las vistas de arriba y lado siempre aparecerá de filo y paralelo al plano frontal.

Plano de perfil. El tercer plano principal es el plano de perfil, que es un plano paralelo al plano de proyección de perfil (fig. 7-18C). La fig. 7-18C, muestra cómo el plano 7-8-9 aparece en tamaño verdadero en la vista de lado o elevación. Obsérvese que el plano de perfil aparece de filo en las vistas de frente y arriba y es paralelo a la vista de filo del plano de perfil.

7-14 PROYECCION DE UNA RECTA SOBRE UN PLANO

En la fig. 7-19 se da la vista de frente del plano 1-2-3-4 y la recta *AB* contenida en él. Se necesita localizar la recta *AB* en la vista de arriba. El punto *A* está sobre la línea 1-4, mientras que el punto *B* está sobre la línea 2-3; entonces es posible localizar estos puntos en la vista de arriba, proyectándolos como se muestra. Esta es una aplicación del principio visto en la sección 7-9.

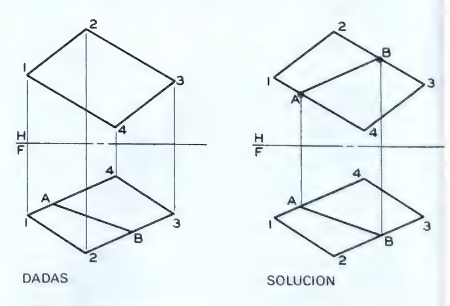
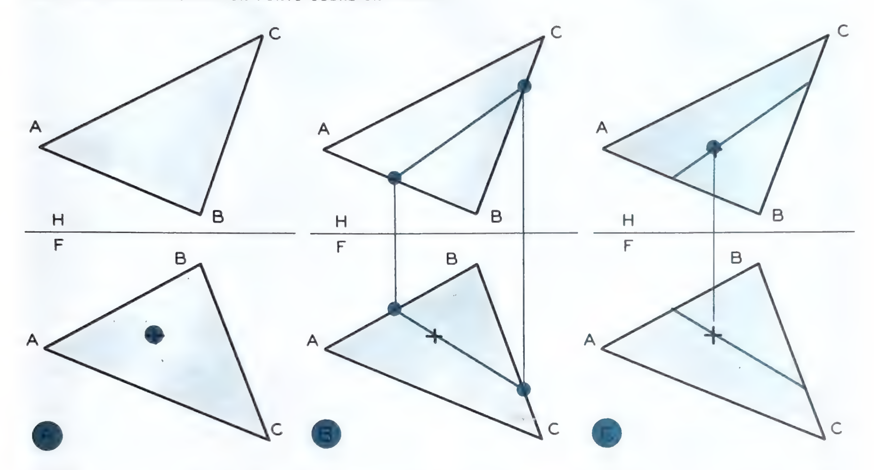


Fig. 7-19. Para encontrar la vista de arriba a la recta *AB* sobre el plano se proyectan los puntos *A* y *B* a las rectas 1-4 y 2-3, respectivamente.



FIG. 7-20. PROYECCION DE UN PUNTO SOBRE UN PLANO



Dadas: Las vistas de arriba y de frente de un plano y un punto sobre la vista de frente. **Se pide:** Encontrar en la vista de arriba el punto sobre el plano.

Paso 1: Dibujar una recta que pase por el punto en la vista de frente y proyectar esta recta a la vista de arriba.

Paso 2: Para localizar el punto, proyéctese éste desde la vista de frente hasta la recta en la vista de arriba.

Uniendo los puntos *A* y *B* se localiza la recta en el plano 1-2-3-4 en la vista de arriba, como se observa en la solución. Este principio tiene aplicación en problemas complicados de geometría descriptiva, que se tratarán en secciones y capítulos posteriores.

7-15 LOCALIZACION DE UN PUNTO SOBRE UN PLANO

Muchos problemas requieren localizar puntos sobre un plano en varias vistas. El plano *ABC* (fig. 7-20) tiene un punto sobre su superficie, lo cual se indica en la vista de frente. Se desea localizar este punto en la vista de arriba. Para este efecto, se traza una recta en cualquier dirección diferente de la vertical y que contenga al punto en la vista dada (paso 1). Los puntos en los cuales esta recta corta los bordes del plano en la vista de frente se proyectan a la vista de arriba sobre los respectivos bordes (paso 1). El punto se localiza proyectándolo de la vista de frente a la vista de arriba sobre la línea ya obtenida. Repase la sección 7-9 para que comprenda mejor este principio.

7-16 RECTAS PRINCIPALES CONTENIDAS EN UN PLANO

Las rectas principales —horizontal, frontal y de perfil— se pueden localizar sobre un plano, aplicando los principios previamente tratados. Las rectas principales son fundamentales para el sistema de vistas auxiliares que se estudiará en posteriores capítulos.

En la fig. 7-21A se muestran dos rectas horizontales sobre un plano, las cuales se localizaron en la vista de frente, trazando sobre el plano 1-2-3 líneas paralelas al plano horizontal de referencia. Las vistas de arriba de estas rectas se encuentran proyectando al plano de la vista de arriba. Estas líneas están

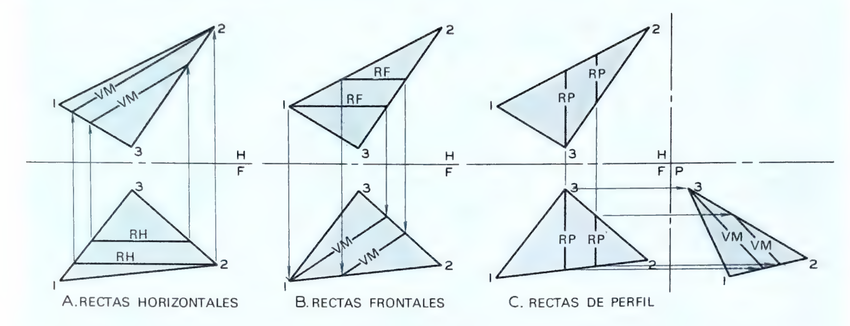


Fig. 7-21. Construcción de las rectas principales (horizontal, frontal y de perfil) sobre un plano dado.

contenidas en el plano y aparecen en verdadera magnitud en la vista de arriba, puesto que son horizontales.

En la fig. 7-21B se muestra la localización en la vista de arriba de rectas frontales paralelas al plano de proyección frontal. La vista de frente de estas líneas se encuentra por proyección. Las rectas frontales aparecen en verdadera magnitud en la vista de frente.

Las rectas de perfil se deben localizar en la vista de frente o de arriba y se proyectan a la vista de lado como se muestra en la fig. 7-21C. Las rectas de perfil aparecen en verdadera magnitud en la vista de lado.

Debe observarse que las rectas principales de un mismo tipo en cualquier vista de un plano oblicuo aparecen paralelas. Por ejemplo, en la fig. 7-21C se pueden dibujar varias rectas de perfil, pero todas deben ser paralelas y deben aparecer en verdadera magnitud en las vistas de lado.

7-17 PARALELISMO

En la solución de problemas tridimensionales, frecuentemente, se necesita saber si unos planos o rectas son paralelos. Esta información puede averiguarse por medio de la proyección ortogonal.

Dos rectas que son paralelas deben aparecer como tales en todas las vistas, excepto en aquellas en que aparezcan de punta. Las rectas *AB* y *CD* de la fig. 7-22 aparecen oblicuas en las tres vistas y también paralelas; por tanto, estas rectas son paralelas en el espacio.

Cuando sólo se dispone de una vista de dos rectas, no se puede asegurar que sean paralelas, aun cuando aparezcan como tales en dicha vista. Se necesita más de una vista para determinar cuándo dos rectas son paralelas.

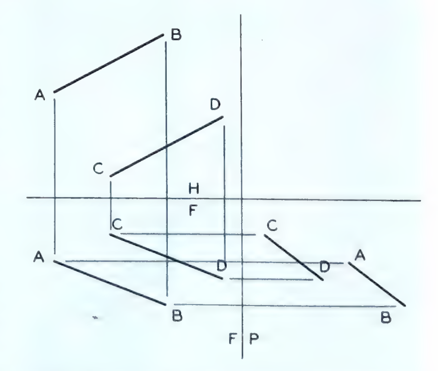
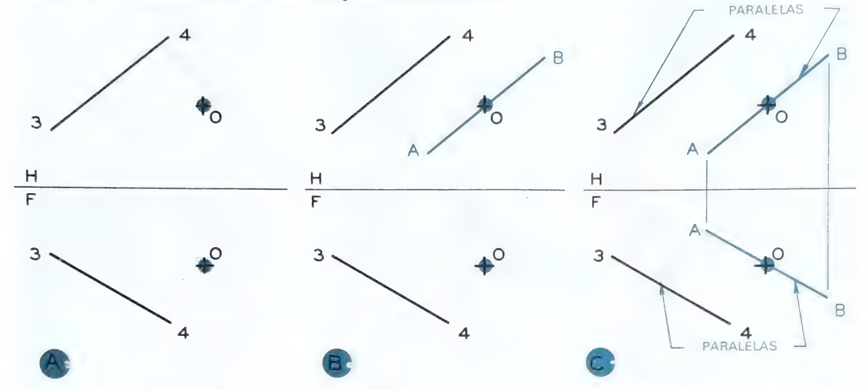


Fig. 7-22. Cuando dos rectas son paralelas, se proyectarán como paralelas en todas las vistas ortogonales.



FIG. 7-23. CONSTRUCCION DE UNA RECTA PARALELA A OTRA RECTA



Dadas: Las vistas de arriba y de frente de la recta 3-4 y el punto *O*.
Se pide: Construir una recta con punto medio en *O* que sea paralela a la recta 3-4.

Paso 1: Trazar la recta *AB* con punto medio en *O* paralela a la vista de arriba de la recta 3-4.

Paso 2: Trazar la vista de frente de la recta *AB* paralelamente a la vista de frente de la recta 3-4, la cual es una proyección ortogonal de la vista de arriba.

La fig. 7-23 ilustra la aplicación de este principio a un problema. Se dan la recta 3-4 y el punto *O*. Se necesita construir una recta, paralela a 3-4 y de igual longitud, que tenga su punto medio sobre el punto *O*. Como el punto medio de una recta es siempre el punto medio de cualquier proyección de la recta, la vista de arriba de esta recta se dibujará por el punto *O* tomando éste como punto medio, como se muestra en el paso 2 y trazándola de igual longitud que la recta 3-4. La vista de frente de la recta se dibuja paralela a la proyección frontal de la recta 3-4, como se muestra en el paso 2. Los extremos de la recta se localizan proyectándolos a partir de la vista de arriba. La proyección frontal de las dos rectas es de igual longitud y la recta trazada es paralela a la recta dada 3-4.

7-18 PARALELISMO DE PLANOS

Dos planos son paralelos cuando dos rectas contenidas en un plano y que se cortan son paralelas a otras dos rectas contenidas en el otro plano y que se cortan, como se muestra en perspectiva en la fig. 7-24. En la fig. 7-25 se muestran las proyecciones ortogonales de dos planos paralelos. Obsérvese que los dos mismos pares de rectas son paralelos en las

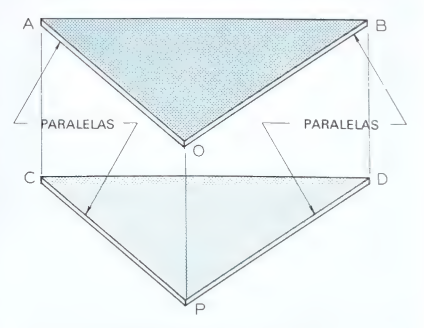


Fig. 7-24. Dos planos son paralelos cuando dos rectas que se cortan en un plano son paralelas a dos rectas en el otro plano.

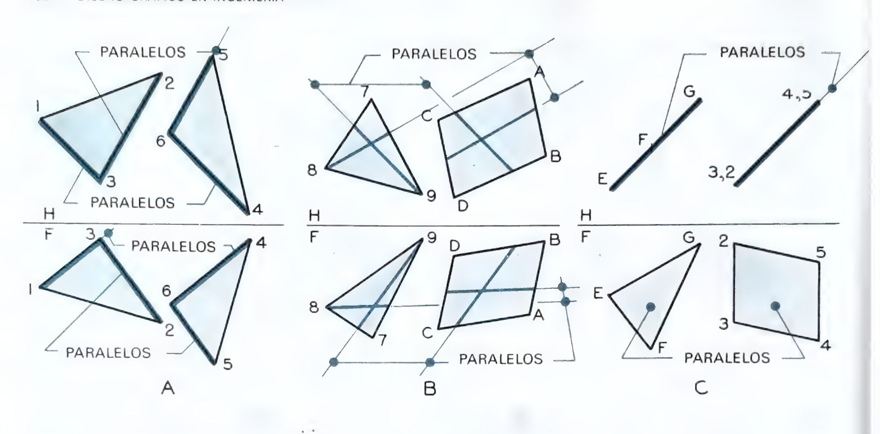
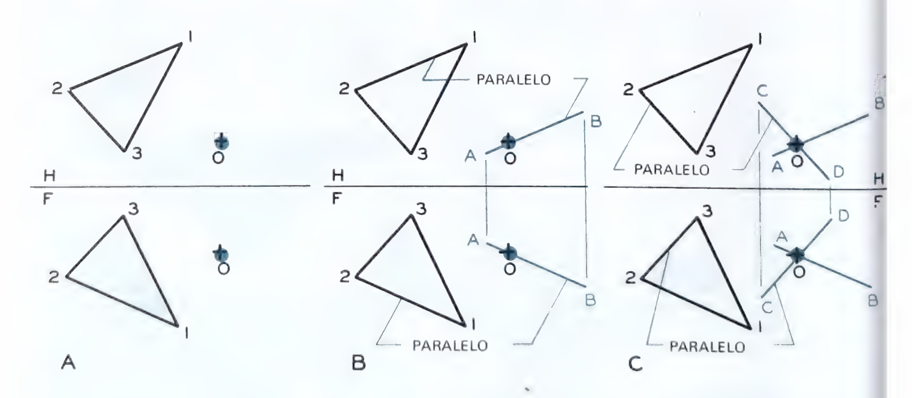


Fig. 7-25. Ejemplos de planos que son paralelos.

FIG. 7-26. CONSTRUCCION DE UN PLANO QUE CONTENGA UN PUNTO Y QUE SEA PARALELO A OTRO PLANO



Dadas: Las vistas de arriba y de frente del plano 1-2-3 y el punto *O*.
Se pide: Construir un plano que contenga el punto *O* y que sea paralelo al plano 1-2-3.

Paso 1: Trazar la recta *AB* paralela a la recta 1-2 en ambas vistas.

Paso 2: Trazar la recta *CD* paralela a la recta 2-3 en ambas vistas. El plano *ABCD* es paralelo al plano 1-2-3.

vistas de frente y de arriba de la parte A. Aun cuando estas rectas son líneas de contorno del plano, no es éste el caso característico; los planos pueden ser de formas diferentes, como se muestra en la parte B del ejemplo. En este caso, se investiga si el plano *ABCD* y el plano 7-8-9 son paralelos, trazando rectas paralelas sobre cada plano en una vista y proyectándolas a la otra. Si estas rectas aparecen paralelas en la vista proyectada, entonces los planos son paralelos. Cuando dos planos aparecen como filos paralelos en una vista, como se muestra en la parte C, son paralelos en el espacio.

El problema de la fig. 7-26 plantea la construcción de un plano que contenga el punto *O* y que sea paralelo al plano 1-2-3. Para este efecto, se traza la recta *AB* paralela a la recta 1-2 del plano en las vistas de frente y arriba, como se muestra en el paso 1; luego se traza por el punto *O* la paralela a la recta 2-3 en ambas vistas, como en el paso 2. Puesto que estas rectas se cortan en el punto *O*, forman un plano que es paralelo al plano 1-2-3, ya que dos rectas que se cortan en un plano son paralelas a otras dos que se cortan en el otro plano.

7-19 PARALELISMO DE UNA RECTA Y UN PLANO

Una recta es paralela a un plano si es paralela a cualquier recta contenida en el plano. En la fig. 7-27, la recta *A-B* es paralela a la recta 1-3; por tanto, la recta *A-B* es paralela al plano 1-2-3. En la solución se muestran las vistas ortogonales de una recta y un plano. La recta *A-B* es paralela a la recta 1-3 en las vistas de arriba y frente; por tanto, estas rectas son paralelas en el espacio y, en consecuencia, la recta *A-B* es paralela al plano 1-2-3.

El problema de la fig. 7-28 pide trazar una recta que, pasando por el punto *O*, sea paralela al plano formado por las rectas 1-2 y 3-4, que se cortan. En la solución se construye la recta a través del punto *O* paralela a la recta 1-2 en ambas vistas. Esta recta es paralela al plano por ser paralela a una recta contenida en el plano; también podría haberse dibujado paralela a la recta 3-4.

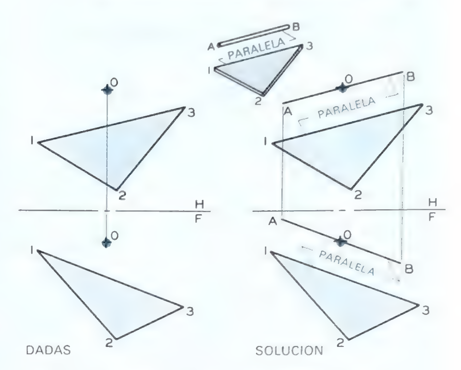


Fig. 7-27. Construcción de una recta que contenga el punto *O* y que sea paralela al plano 1-2-3. La recta *AB* se traza paralela a la recta 1-3 en las vistas de frente y de arriba

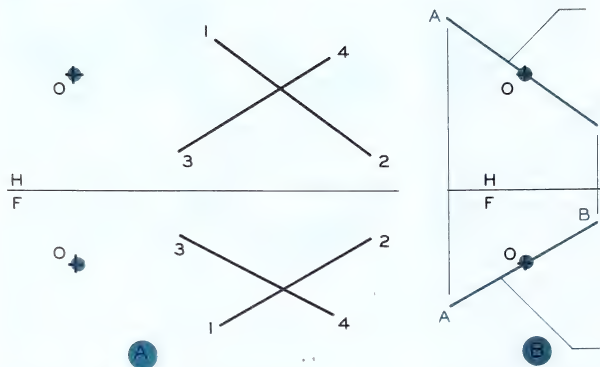
7-20 PERPENDICULARIDAD DE RECTAS

El ingeniero debe diseñar muchos mecanismos que constan de perpendiculares, ya sean rectas o planos. Por tanto, es necesario que comprenda perfectamente la perpendicularidad, para que la reconozca o dibuje cuando sea necesario.

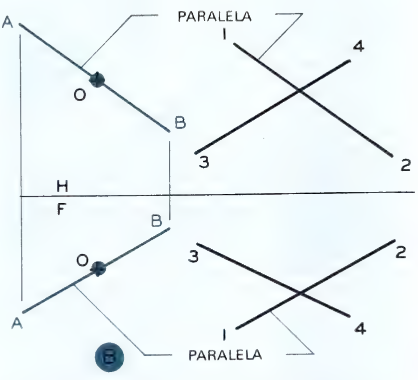
La fig. 7-29 ilustra en perspectiva y ortogonalmente las reglas básicas de la perpendicularidad. *Dos rectas perpendiculares deben aparecer como tales en cualquier vista que muestre una de las rectas o ambas en verdadera magnitud*. Se da una recta que puede rotarse alrededor de otra recta a un número infinito de posiciones y que debe permanecer perpendicular a la otra línea, el eje.

En la vista ortogonal, las rectas *OA* y *OB* se proyectan de tal manera que sean perpendiculares al eje en verdadera magnitud. El eje y la recta *OA* están en verdadera magnitud pero la recta *OB* no está en verdadera magnitud. Sin embargo, esta recta se proyecta como perpendicular al eje, puesto que éste sí aparece en verdadera magnitud, satisfaciendo de esta manera la regla establecida anteriormente.

FIG. 7-28. CONSTRUCCION DE UNA RECTA PARALELA A UN PLANO



Dadas: Las vistas de arriba y de frente del punto *O* y del plano 1-2-3-4.
Se pide: Trazar las dos vistas de una recta que contenga el punto *O* y que sea paralela al plano.



Solución: La recta *AB* se traza en ambas vistas paralela a una de las rectas del plano, en este caso, la recta 1-2. Esta recta podría haberse trazado paralela a cualquier recta del plano.

Cuando dos rectas son perpendiculares entre sí, pero ninguna aparece en verdadera magnitud, no se proyectarán con su verdadero ángulo de 90°, ya que el plano que contiene este ángulo aparece acortado y distorsionado.

7-21 RECTA PERPENDICULAR A UNA RECTA PRINCIPAL

En la fig. 7-30 se dan la recta frontal 1-2 y el punto *O*. Construir las vistas de arriba y frente de una recta que, pasando por *O*, corte la recta 1-2 y sea perpendicular a ella.

Puesto que la recta 1-2 es una recta principal (recta frontal), aparecerá en verdadera magnitud en la vista de frente. Aplicando la regla de perpendicularidad de la sección 7-20, es posible construir la recta *OP* en la vista de frente, perpendicular a la recta en verdadera magnitud. Como el punto *P* está sobre la recta, se puede localizar en la vista de arriba sobre la recta 1-2, proyectándolo a partir de la vista de frente, como se muestra en el paso 2. Estas dos rectas no aparecen como perpendiculares en la vista de arriba, puesto que ninguna de las dos está en verdadera magnitud en esta vista.

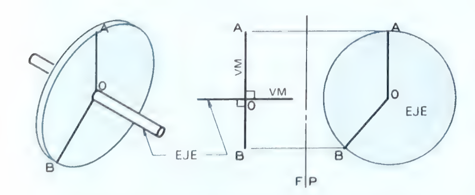
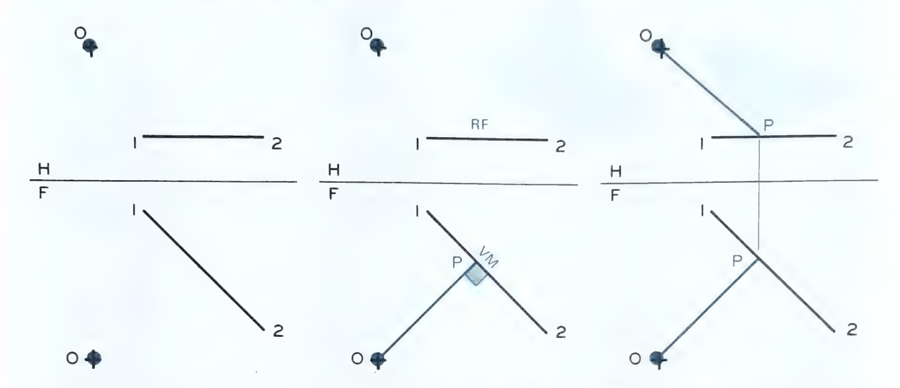


Fig. 7-29. Dos rectas perpendiculares se proyectarán como tales en una vista en que una o ambas aparezcan en su verdadera magnitud.

7-22 RECTA PERPENDICULAR A UNA OBLICUA

En la fig. 7-31 se dan las vistas de arriba y frente de una recta oblicua 3-4. Se desea construir una recta que sea perpendicular a la recta 3-4 en su punto medio.

FIG. 7-30. CONSTRUCCION DE UNA RECTA PERPENDICULAR A UNA RECTA PRINCIPAL

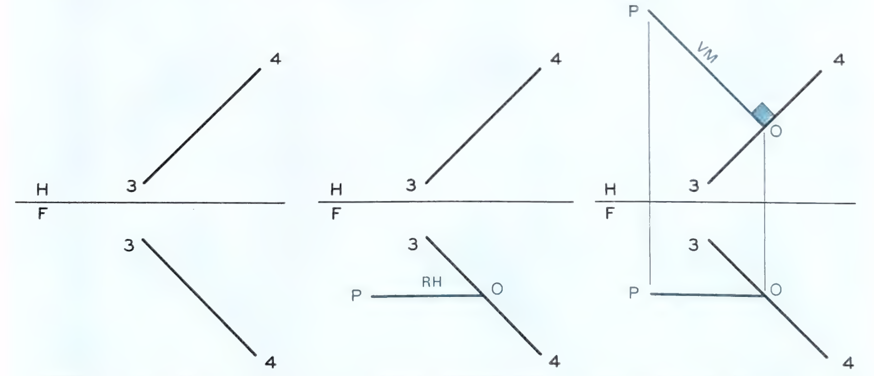


Dadas: Las vistas de arriba y de frente de la recta principal 1-2 y del punto *O*.
Se pide: Trazar una recta a partir del punto *O* que sea perpendicular a la recta 1-2.

Paso 1: Trazar una recta perpendicular a la recta 1-2, que aparece en verdadera magnitud, en la vista de frente.

Paso 2: Localizar el punto *P* sobre la recta 1-2 en la vista de arriba y unir este punto con el punto *O*.

FIG. 7-31. CONSTRUCCION DE UNA RECTA PERPENDICULAR A UNA RECTA OBLICUA



Dadas: Las vistas de arriba y de frente de una recta oblicua 3-4.
Se pide: Construir una recta desde el punto medio de la recta oblicua 3-4 que sea perpendicular a ésta.

Paso 1: Construir una recta horizontal a partir del punto medio de la recta 3-4 en la vista de frente.

Paso 2: Proyectar el punto *O* a la recta en la vista de arriba y trazar la recta *OP* (que aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba) perpendicular a la recta 3-4.

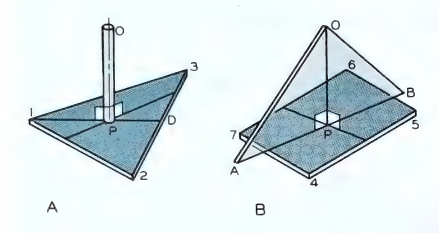


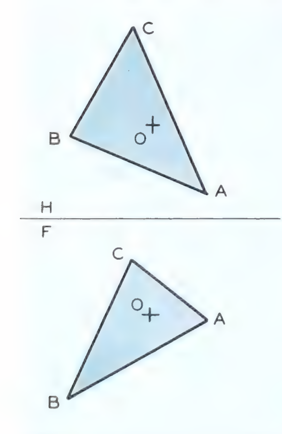
Fig. 7-32. (A) Una recta es perpendicular a un plano cuando es perpendicular a dos rectas que se cortan sobre éste. (B) Un plano es perpendicular a otro si aquél contiene una recta que sea perpendicular a éste.

Es necesario construir una recta en verdadera magnitud antes de encontrar la perpendicular. Por tanto, en el paso 1 se traza una recta horizontal, *OP*, por el punto medio de la vista de frente de la recta 3-4, con una longitud conveniente. La recta *OP* se proyectará en verdadera magnitud a la vista de arriba, puesto que es horizontal; por tanto, se podrá trazar en cualquier dirección y aparecerá en verdadera magnitud. Por consiguiente, se traza por el punto *O* y perpendicular a la recta 3-4. La vista de arriba del punto *P* se localiza proyectándola a partir de la vista de frente. Estas dos rectas son perpendiculares, puesto que aparecen como tales en una vista en que una de ellas está en verdadera magnitud.

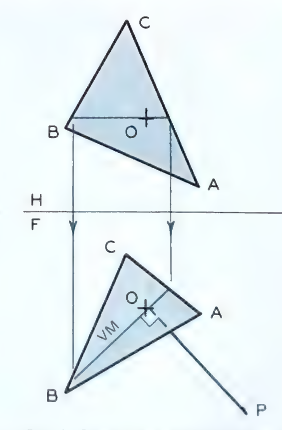
7-23 RECTA PERPENDICULAR A UN PLANO

Es posible trazar una recta perpendicular a un plano empleando las proyecciones ortogonales. *Una recta será perpendicular a un plano, si es perpendicular a dos rectas contenidas en el plano y que se cortan*. En la fig. 7-32,

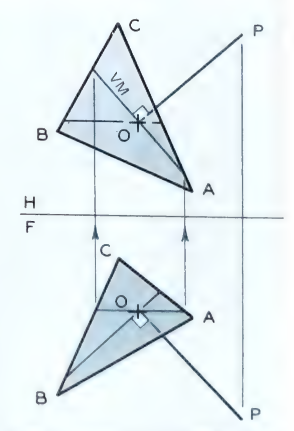
FIG. 7-33. CONSTRUCCION DE UNA RECTA PERPENDICULAR A UN PLANO



Dadas: Las vistas de arriba y de frente del plano *ABC* y del punto *O* sobre el plano.
Se pide: Construir una recta a partir del punto *O* que sea perpendicular al plano *ABC*



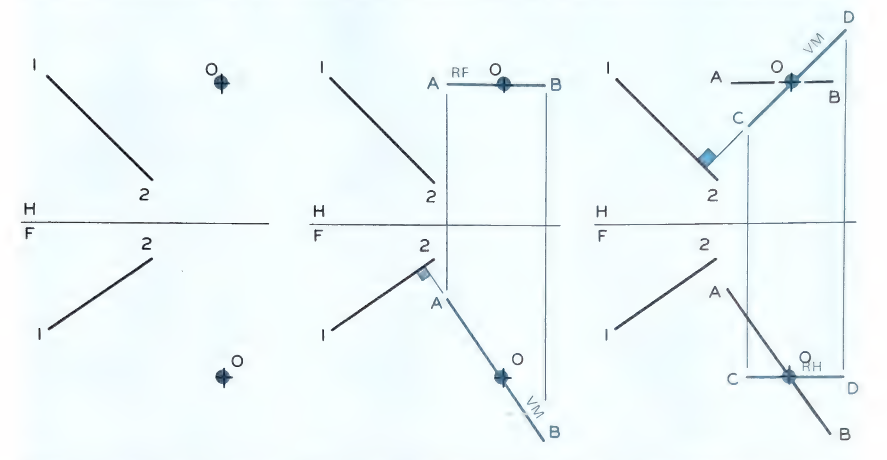
Paso 1: Construir una recta frontal que pase por el punto *O* en la vista de arriba para encontrar una vista en verdadera magnitud de la recta en la vista de frente. Trazar una recta perpendicular a ésta.



Paso 2: Construir una recta horizontal de verdadera magnitud en la vista de arriba y trazar una recta perpendicular a ella.



FIG. 7-34. CONSTRUCCION DE UN PLANO QUE PASE POR UN PUNTO Y QUE SEA PERPENDICULAR A UNA RECTA OBLICUA



Dadas: Las vistas de arriba y de frente de una recta oblicua 1-2 y del punto *O*.
Se pide: Construir un plano que pase por el punto *O* y que sea perpendicular a la recta oblicua 1-2.

Paso 1: Trazar la recta frontal *AB* en la vista de arriba y en la vista de frente, perpendicular, en ésta, a la recta 1-2. La recta *AB* aparece en verdadera magnitud en la vista de frente.

Paso 2: Trazar la recta horizontal *CD* en la vista de frente y en la vista de arriba, perpendicular, en ésta, a la recta 1-2. La recta *CD* aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba. El plano *ABCD* es perpendicular a la recta 1-2.

se ilustra esta propiedad. Si una recta es perpendicular a dos rectas que se cortan sobre un plano, lo será a todas las rectas contenidas en dicho plano.

En la fig. 7-33 se da el plano *ABC* con el punto *O* localizado sobre él. Se desea construir una recta que sea perpendicular al plano en el punto *O*. Es posible localizar una recta contenida en el plano y que aparezca en verdadera magnitud en cualquier vista, construyendo una recta principal, como se ha hecho anteriormente. En la vista de frente se localiza una recta en verdadera magnitud, trazando una recta frontal por el punto *O* en la vista de arriba y proyectándola a la vista de frente (paso 1). Esta recta aparece en verdadera magnitud y está contenida en el plano; en consecuencia, se puede trazar la recta *OP* por el punto *O* y perpendicular a la recta frontal. Si la recta *OP* es perpendicular a cualquier otra recta, se podrá trazar una recta horizontal en la vista de frente (paso 2) y proyectarla a la vista de arriba en verdadera magnitud, donde se trazará *OP* perpendicular a la recta en verdadera magnitud.

La recta así trazada es perpendicular al plano, puesto que es perpendicular a las dos rectas que se cortan sobre el plano. Esta relación es evidente cuando las rectas sobre el plano aparecen en verdadera magnitud.

7-24 PLANO PERPENDICULAR A UNA RECTA OBLICUA

En la fig. 7-34 se dan la recta 1-2 y el punto *O*. Se desea construir un plano que, conteniendo al punto *O*, sea perpendicular a la recta 1-2.

Puede establecerse un plano a través del punto *O*, trazando dos rectas que se corten en este punto. Estas rectas aparecerán en verdadera magnitud si son rectas principales, lo cual permitirá establecer la perpendicularidad. Por el punto *O* se traza en la vista de arriba la recta frontal *AB* y se proyecta a la vista de frente, donde aparecerá en verdadera magnitud (paso 1) y se traza perpendicular a la recta 1-2, lo cual hace que una recta contenida en el plano sea perpendicular a la recta 1-2.

Se traza en la vista de frente una segunda recta, *CD*, horizontal y se proyecta a la vista de arriba (paso 2), donde aparecerá en verdadera magnitud y perpendicular a la recta 1-2, que, por tanto, es perpendicular a las dos rectas que se cortan en el plano y se ha construido un plano perpendicular a la recta dada.

7-25 PERPENDICULARIDAD DE PLANOS

En muchos problemas prácticos se encuentran planos que son perpendiculares entre sí. La regla para determinar la perpendicularidad de planos es una combinación de los principios de perpendicularidad previamente estudiados.

Un plano es perpendicular a otro plano si una recta contenida en un plano es perpendicular al otro. En la fig. 7-35, donde el plano 1-2-3 es perpendicular al plano 4-5-6-7, se ilustra este principio, puesto que, si la recta 2-*O* es perpendicular a dos rectas que se cortan sobre un plano, será perpendicular al plano. Se deduce de la aplicación de estos principios que el plano 1-2-3 es perpendicular al plano 4-5-6-7.

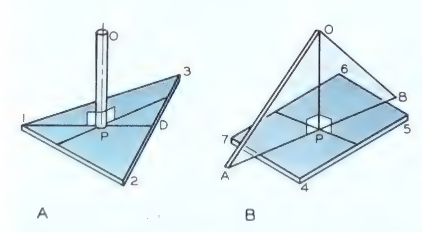


Fig. 7-35. (A) Una recta es perpendicular a un plano si es perpendicular a dos rectas que se cortan sobre éste. (B) Un plano es perpendicular a otro si aquél contiene una recta que sea perpendicular a éste

En la fig. 7-36 se dan un plano y una recta. Se desea construir un plano que, conteniendo la recta *AB*, sea perpendicular al plano 1-2-3.

Puede trazarse un plano por una recta sólo si la recta está contenida en el plano que se va a construir; por tanto, se puede construir un número infinito de planos que pasen por la recta *AB* y se intersequen con otra recta. Dos rectas que se cortan, forman un plano. Si la recta trazada para cortarse con la recta *AB* se traza perpendicular al plano 1-2-3, el plano formado será perpendicular a este plano.

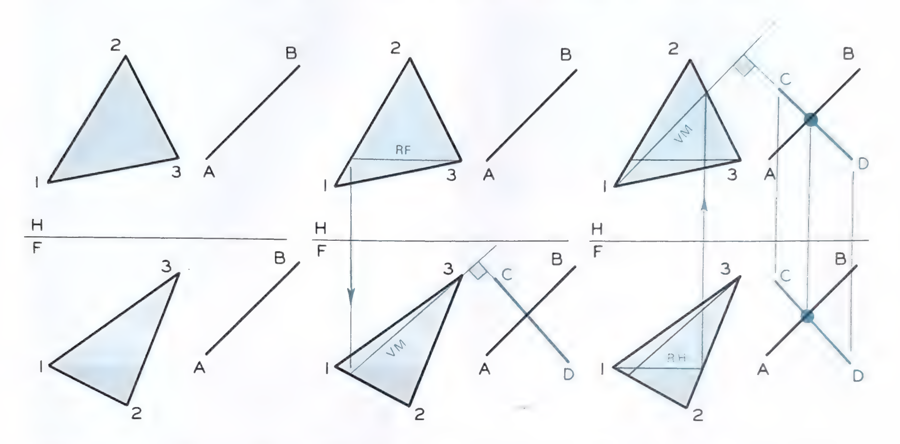
En el paso 1 se localiza una recta en verdadera magnitud trazando una recta frontal en la vista de arriba y proyectándola a la vista de frente. Se traza la recta *CD* sobre un punto determinado de la recta *AB*, perpendicular a la prolongación de la recta en verdadera magnitud de la vista de frente. En el paso 2 se traza una recta horizontal en la vista de frente y se proyecta a la vista de arriba, donde aparecerá en verdadera magnitud. La proyección de la recta *CD*, en la vista de arriba, se traza perpendicular a esta línea en verdadera magnitud, la cual pasa por el punto de corte con la línea *CD*.

La recta *CD* se ha construido perpendicular a dos rectas que están contenidas en el plano y se cortan y se sabe, por tanto, que es perpendicular al plano. Como la recta *CD* corta la recta *AB*, forman un plano que contiene una recta paralela al plano 1-2-3, lo cual produce dos planos perpendiculares. Estos dos planos no se intersecan en la figura; sin embargo, son perpendiculares y se cortan a 90 si se extienden hasta encontrar su línea de intersección.

7-26 RESUMEN

Los principios de la proyección ortogonal vistos en este capítulo son fundamentos que se aplicarán en capítulos posteriores en el desarrollo de problemas tridimensionales que


FIG. 7-36. CONSTRUCCION DE UN PLANO QUE PASE POR UNA RECTA PERPENDICULAR A OTRO PLANO



Dadas: Las vistas de arriba y de frente del plano 1-2-3 y de la recta *AB*.
Se pide: Construir dos vistas de un plano que pase por la recta *AB* y que sea perpendicular al plano dado.

Paso 1: Una recta frontal se traza en la vista de arriba y se encuentra en verdadera magnitud en la vista de frente. La recta *CD* se traza, pasando por cualquier punto sobre *AB*, de modo que sea perpendicular a la recta en verdadera magnitud.

Paso 2: Una recta horizontal se traza sobre el plano y se encuentra en verdadera magnitud en la vista de arriba. La recta *CD* se traza pasando por el punto de intersección sobre la recta *AB* y perpendicular a la recta en verdadera magnitud en la vista de arriba.

comprendan principios de geometría descriptiva. El dominio de los elementos básicos —punto, línea y plano— y de las relaciones espaciales entre ellos constituye la base para la solución de todos los problemas gráficos y de geometría descriptiva.

Es importante que se haya obtenido una sólida comprensión de lo que son los planos principales de proyección estudiados en este capítulo, antes de avanzar más en el estudio. Las rectas y los planos principales están relacionados con los planos de proyección a los cuales son paralelos. Los planos principales de proyección son: (1) el horizontal, (2) el frontal y (3) el de perfil. Análogamente, los planos y rectas principales se identifican con estos tres términos. Las rectas principales aparecen en verdadera magnitud en la vista en la cual son paralelas al plano de proyección desde el cual se están viendo; los planos principales aparecen en tamaño verdadero en las mismas vistas.

Las relaciones tales como paralelismo y perpendicularidad son comunes en casi todos los problemas de ingeniería. El diseñador podrá preparar planos más exactos y eficientes si comprende perfectamente estas proyecciones.

En capítulos posteriores se tratarán los principios de la proyección cuando ésta tiene que ver con el método de las vistas auxiliares para la resolución de problemas. La proyección de vistas auxiliares sólo es posible si se han comprendido completamente los principios explicados en este capítulo. Frecuentemente se hará referencia a este capítulo cuando sea necesario, para repasar los principios de la proyección que se emplearán en otras soluciones.

PROBLEMAS

Generalidades: Los problemas de este capítulo deben construirse y resolverse en ocho hojas de 21 × 28 cm, tal como se muestra en las figuras adjuntas. Sabiendo que cada cuadrado del reticulado representa 5 mm, una unidad de dibujo, bosqueje y resuelva los problemas en papel cuadriculado o blanco. En todos los casos, deben marcarse los planos y los puntos de referencia, usando letras de 3 mm y guías.

1. Emplee la fig. 7-37 para todas las partes de este problema. (A) Construya la vista que falta del punto *A*. Localice el punto *B*, situado 3 unidades delante, 2 unidades a la derecha y 2 unidades debajo del punto *A*. Muéstrelo en las tres vistas. (B) Construya la vista que falta del punto *C*. Localice en las tres vistas el punto *D*, que está situado 4 unidades delante, 2 unidades a la derecha y 3 unidades encima del punto *C*. (C) Construya las tres vistas de la recta *EF*, sabiendo que el punto *F* está situado 4 unidades delante, 5 unidades a la derecha y 3 unidades debajo del punto *E*. (D) Construya las tres vistas de la recta *GH*, sabiendo que el punto *H* está situado 4 unidades delante, 3 unidades debajo y 5 unidades a la derecha del punto *G*. (E) La línea *IJ* es una recta horizontal situada 3 unidades bajo el plano horizontal. Construya la línea en las tres vistas y márquela donde aparezca en verdadera magnitud. (F) La línea *KL* es una recta frontal localizada 4 unidades detrás del plano frontal. Construya la línea en las tres vistas y márquela donde aparezca en verdadera magnitud.

2. Emplee la fig. 7-38 para todas las partes de este problema. (A) Construya las tres vistas de la recta 1-2 si el punto 1 está situado 4 unidades a la izquierda, 2 unidades debajo y 3 unidades delante del punto 2. (B) Construya las tres vistas de la recta 1-2 si el punto 2 está situado 4 unidades a la derecha, 2 unidades encima y 4 unidades delante del punto 1. (C) Construya las tres vistas de la recta frontal 3-4 si el punto 4 está 3 unidades bajo el punto 3. Márquela en la vista en que aparezca en verdadera magnitud. (D) Construya las tres vistas de la recta horizontal 5-6 si el punto 6 está localizado 4 unidades a la derecha y 3 unidades detrás del punto 5. Márquela en la vista en que aparezca en verdadera magnitud. (E) Construya las tres vistas de la recta horizontal 7-8. Márquela en la vista en que aparezca en verdadera magnitud. (F) Construya las tres vistas de la recta frontal 1-2 y márquela en la vista en que aparezca en verdadera magnitud.

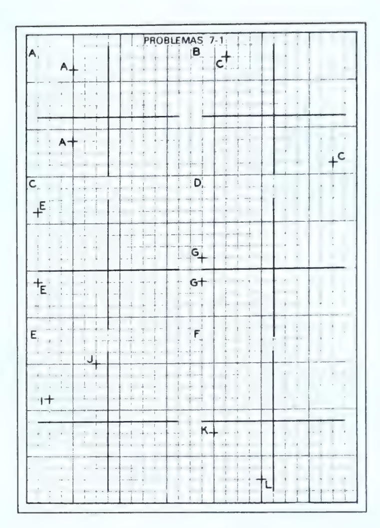


Fig. 7-37. Proyecciones de un punto.

3. Emplee la fig. 7-39 para todas las partes de este problema. (A) Construya las tres vistas de la recta de perfil *AB* y márquela en la vista en que aparezca en verdadera magnitud. (B) Localice el punto medio de la recta *CD* en las tres vistas. (C) Divida la recta *EF* en tres partes iguales y muestre las divisiones en las tres vistas. (D) Construya la vista de lado de las dos rectas de la parte D. Averigüe si se cortan. (E) Construya las tres vistas de

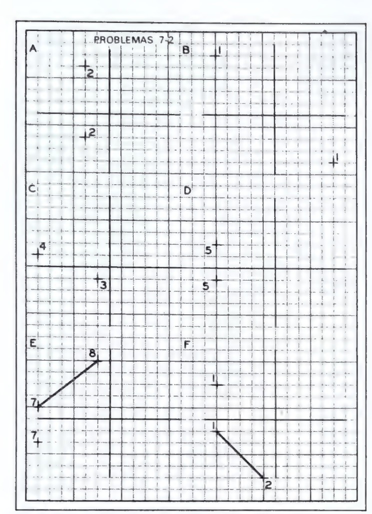


Fig. 7-38. Proyecciones de las rectas principales.

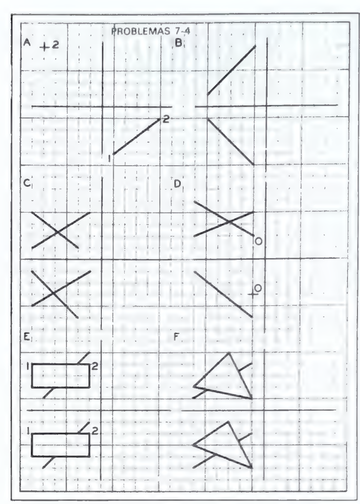


Fig. 7-40. Rectas que se cortan y visibilidad.

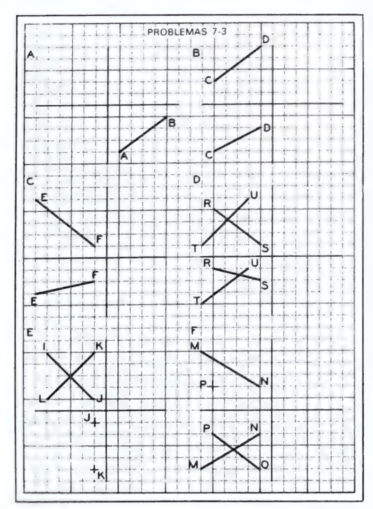


Fig. 7-39. Relaciones espaciales entre rectas.

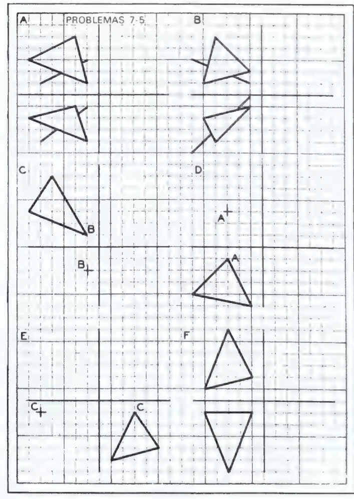


Fig. 7-41. Relaciones entre rectas y planos.

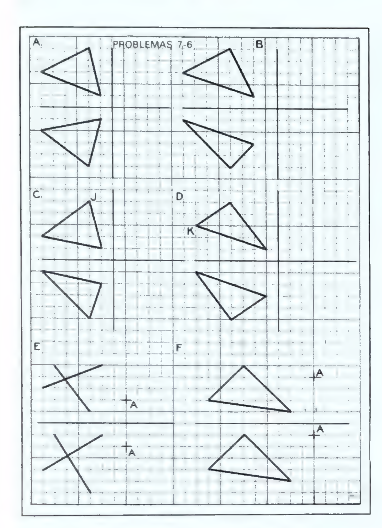


Fig. 7-42. Planos principales y relaciones espaciales.

las rectas *KL* e *IJ* de tal manera que se corten. (F) Construya la recta *PO* en las tres vistas, de tal manera que corte a la recta *MN*.

4. Emplee la fig. 7-40 para todas las partes de este problema. (A) Construya las tres vistas de la recta de perfil 1-2. Dibuje las tres vistas de una recta de 20 mm de longitud que se corta con la recta 1-2 en su punto medio y aparece de punta en la vista de perfil. (B) Construya las tres vistas de una recta de 10 mm de longitud que corta la recta dada en su punto medio y aparece de punta en la vista de frente. (C) Construya la vista de lado de las rectas dadas y averigüe si se cortan (D) Construya una recta *OP* que pase por debajo de la recta dada y no se corte con ella. (E) Construya las tres vistas de la recta y del plano e indique su visibilidad. (F) Construya las tres vistas de la recta y el plano e indique su visibilidad.

5. Emplee la fig. 7-41 para todas las partes de este problema. (A) Construya las tres vistas de la recta y el plano e indique su visibilidad. (B) Construya las tres vistas de la recta y el plano e indique su visibilidad. (C) Construya las tres vistas del plano horizontal y márquelo donde aparezca en su tamaño verdadero. (D) Construya las tres vistas del plano frontal y márquelo donde aparezca en su tamaño verdadero. (E) Construya las tres vistas del plano de perfil y márquelo donde aparezca en su tamaño verdadero. (F) Trace tres rectas frontales igualmente espaciadas sobre el plano y muéstrelas en las tres vistas. Construya la vista de lado.

6. Emplee la fig. 7-42 para todas las partes de este problema. (A) Trace dos rectas horizontales igualmente espaciadas sobre el plano y muéstrelas en las tres vistas. (B) Construya tres rectas de perfil igualmente espaciadas sobre el plano y muéstrelas en las tres vistas. (C) Trace una recta *JP* que esté contenida en el plano que está inclinado hacia arriba y hacia la izquierda. Muestre la recta y el plano también en la vista de lado. (D) Trace una recta *KR* en un plano inclinado hacia abajo y hacia atrás. Muestre la recta y el plano también en la vista de lado. (E) Trace una recta que, pasando por *A*, sea paralela al plano. (F) Trace una recta que, pasando por *A*, sea paralela al plano.

7. Emplee la fig. 7-43 para todas las partes de este problema. (A) Trace una recta que, pasando por el punto *A*, sea paralela a la recta dada y de igual longitud. (B) Trace una recta que, pasando por el punto B, sea paralela al plano formado por la recta y el punto. (C) Trace una recta que, pasando por el punto 2, sea perpendicular a la recta en su punto medio. (D) Trace una recta que, pasando por el punto 3 de la vista de frente, sea perpendicular a la vista de frente de la recta. Muestre esta recta en las tres vistas. ¿Es perpendicular a la recta dada? (E) Trace una recta que, pasando por el punto 4, sea perpendicular al plano. (F) Trace un plano que contenga el punto *O* y sea perpendicular a la recta.

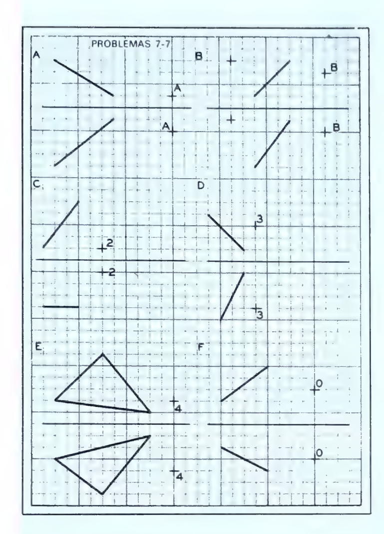


Fig. 7-43. Problemas de perpendicularidad.

Fig. 7-44. Problemas de perpendicularidad.

8. Emplee la fig. 7-44 para todas las partes de este problema. (A) Construya las tres vistas del plano horizontal. Trace una recta de 10 mm perpendicular a él y muestre el plano y la recta en las tres vistas. (B) Construya las tres vistas de una recta de 10 mm que sea perpendicular y corte al plano frontal en el lado de atrás. Muestre la recta y el plano en las tres vistas. (C) Construya las tres vistas de una recta de 5 mm que sea perpendicular y corte al plano de perfil por el lado derecho. Muestre la recta y el plano en las tres vistas. (D) Construya las tres vistas del plano y la recta contenida en él, como se muestra en la parte *D* de la figura. (E) Construya un plano que contenga la recta dada y que sea perpendicular al plano dado en la parte *E* de la figura. (F) Construya un plano que contenga al punto 4 y que sea perpendicular al plano dado en la parte *F* de la figura.



8
VISTAS AUXILIARES SIMPLES

8-1 INTRODUCCION

En el capítulo 7 se estudiaron los principios de proyección ortogonal aplicados a las vistas principales de puntos, líneas y planos en el espacio. Aunque la proyección ortogonal en vistas principales suministra la solución de muchos problemas espaciales, las proyecciones auxiliares se hacen necesarias para analizar cierta información importante que sería difícil de obtener por otros medios. Durante el perfeccionamiento de diseños preliminares, se deben determinar ciertos ángulos, longitudes, áreas y tamaños indispensables en la siguiente etapa del proceso de diseño, el análisis.

En la fig. 8-1 aparece un ejemplo de un problema sencillo de diseño, en el cual se muestra el diseño de un tubo de escape para automóvil. Fue necesario determinar los ángulos de quiebre del tubo y su longitud, manteniendo a la vez la distancia adecuada respecto a los demás componentes. El diseño de las abrazaderas de soporte requirió la determinación de medidas angulares, distancias y otros datos análogos, mediante los métodos de la geometría descriptiva, previamente a la elaboración de las especificaciones difinitivas. Debe ser fácil reconocer problemas de mayor complejidad que requieran un perfeccionamiento más profundo en cuanto a propiedades dimensionales de este tipo, aunque a nivel más avanzado.

Las vistas auxiliares simples son indispensables para determinar aquella información espacial del diseño que no se pueda obtener en las vistas principales. Una *vista auxiliar simple* es una vista proyectada sobre un plano de proyección perpendicular a uno solo de los planos principales. (Si un plano de proyección es perpendicular a dos planos principales, se producirá entonces un plano principal, y no una vista auxiliar.) Una vista auxiliar simple se proyecta a partir de una de las vistas principales: la de arriba, la de frente o alguna de las laterales.

La nave espacial Mariner que aparece en

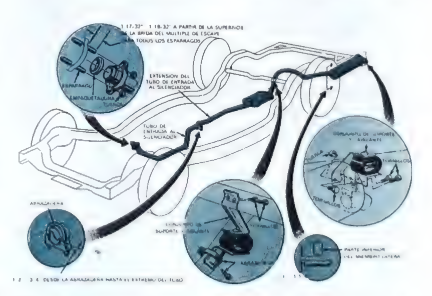


Fig. 8-1. El sistema de escape de este automóvil es un ejemplo de un problema espacial que exige la aplicación de las vistas auxiliares simples para su solución. (Cortesía de Ford Motor Company.)

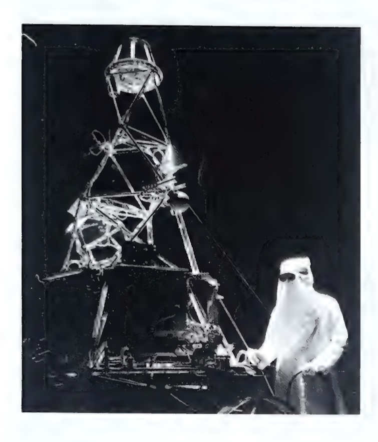


Fig. 8-2. El soporte estructural de la nave espacial Mariner ilustra muchas relaciones espaciales que deben determinarse durante su diseño. (Cortesía de NASA.)



Fig. 8-3. La pantalla inclinada del receptor Videx es un ejemplo de un plano cuyo tamaño verdadero debe encontrarse por medio de vistas auxiliares simples. (Cortesía de ITT Industrial Laboratories.)

la fig. 8-2 ilustra un buen número de aplicaciones de vistas auxiliares simples y secundarias; estas últimas se estudiarán en el capítulo siguiente. Las dimensiones de cada elemento estructural deben conocerse antes de poder analizar la resistencia de la estructura. Estas dimensiones también son esenciales en el cálculo del peso de la nave, el cual es un aspecto crucial de los viajes espaciales. El conocimiento de los ángulos entre planos es imprescindible en la fabricación del sistema y en la determinación de las áreas verdaderas de los planos formados por los miembros estructurales. Los métodos gráficos y la geometría analítica constituyen el procedimiento práctico para resolver problemas tecnológicos de los tipos ilustrados en las figs. 8-1 y 8-2. El estudiante debe esforzarse en lo posible para lograr el dominio de estos principios, puesto que su conocimiento lo pondrá en condiciones de identificar en cuáles problemas los métodos gráficos son superiores a los matemáticos.

8-2 TAMAÑO VERDADERO DE SUPERFICIES INCLINADAS

Un plano que en una vista principal aparece inclinado y de filo puede encontrarse en tamaño verdadero en una vista auxiliar simple. Este plano aparecerá acortado en las vistas principales adyacentes a partir de las cuales se proyectará la vista de filo. El plano inclinado de la unidad Videx de la fig. 8-3 aparecerá de filo en una vista principal y acortado en las otras dos. Puesto que el plano aparece de filo en una de las vistas principales, su tamaño verdadero se puede hallar por medio de una vista auxiliar simple.

Las vistas auxiliares simples se proyectan a partir de cualquiera de las vistas principales: horizontal, frontal o de perfil. Una vista proyectada a partir de una vista horizontal necesita de un plano horizontal de referencia; la proyectada a partir de la vista de frente necesita un plano de referencia frontal y la proyectada a partir de la vista de lado necesita un plano de referencia de perfil. El procedimiento de proyección se verá en la siguiente explicación.

Tamaño verdadero de una superficie inclinada - Plano de referencia frontal. A un plano que aparece de filo en la vista de frente (fig. 8-4), se le puede averiguar su tamaño verdadero en una vista auxiliar simple proyectada a partir de la vista de frente. El

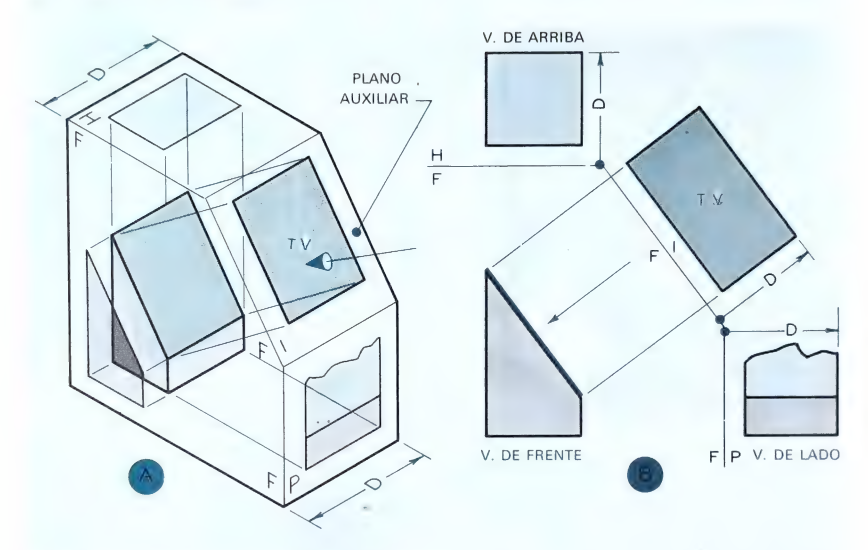


Fig. 8-4. Tamaño verdadero de una superficie inclinada. Plano frontal de referencia

plano de referencia F-1 se traza paralelo a la vista de filo del plano inclinado, en la vista de frente, y a una distancia conveniente. En este caso, se ha dibujado para que esté de acuerdo con la perspectiva de la figura de la parte A, cuando se relacione con las vistas ortogonales de la parte B. Nótese que el plano auxiliar primario F-1 es perpendicular al plano frontal y que la línea de vista es perpendicular a este plano auxiliar y paralela al plano frontal. Cuando un observador mira el objeto en la dirección indicada por la línea de vista, verá de filo el plano frontal de proyección y, en consecuencia, verá en verdadera magnitud las dimensiones perpendiculares al plano frontal. Estas dimensiones, que corresponden a las de profundidad y que aquí se representan con la letra *D*, son perpendiculares a la vista de filo del plano frontal en las vistas de arriba y lado (parte B).

El plano inclinado se proyecta a partir de la vista de frente y perpendicularmente al plano F-1. La profundidad *D* se mide en las vistas de arriba o lado y se lleva a la vista auxiliar con compás. Cada esquina de la superficie se localiza de esta manera y entonces se unen entre sí para obtener el tamaño verdadero del plano inclinado.

Tamaño verdadero de una superficie inclinada - Plano de referencia horizontal. El plano inclinado de la fig. 8-5A está inclinado con respecto a los planos frontal y de perfil y es perpendicular al horizontal. Aparecerá en tamaño verdadero cuando se proyecte sobre un plano que sea paralelo al plano inclinado y perpendicular al plano horizontal.

El plano de referencia H-1 en la parte B de la figura se traza paralelo a la vista de

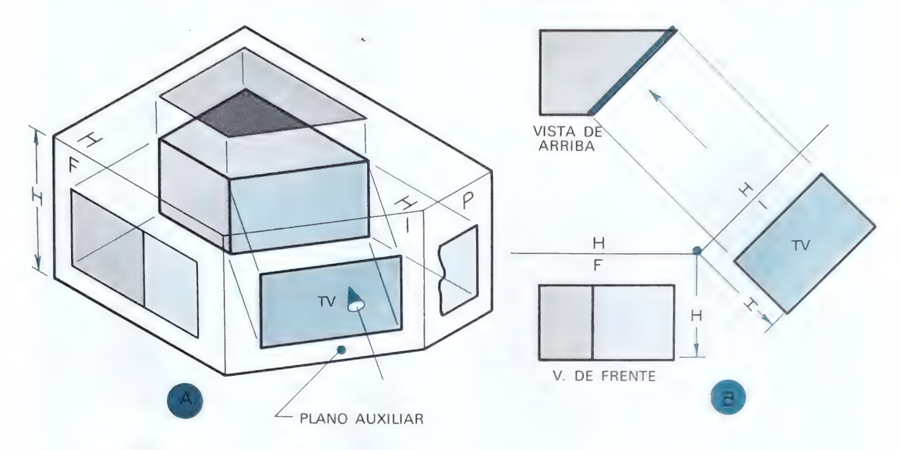


Fig. 8-5. Tamaño verdadero de una superficie inclinada. Plano horizontal

filo del plano inclinado. Cuando la línea de vista es perpendicular a un plano auxiliar proyectado a partir de la vista horizontal (arriba), el plano horizontal aparecerá de filo y la dimensión altura, *H*, aparecerá en verdadera magnitud. Cada esquina del plano inclinado se proyecta perpendicularmente al plano H-1 y se localiza llevando la distancia *H* de la vista de frente a la vista auxiliar. Los cuatro puntos de las esquinas se unen para obtener el tamaño verdadero del plano inclinado.

Como un plano se puede representar con dos rectas que se cortan, la verdadera magnitud del segmento curvo de tubería (figura 8-6) así como su radio de curvatura, pueden encontrarse por medio de una vista auxiliar simple proyectada a partir de la vista horizontal. El plano de esta sección curva deberá aparecer de filo en la vista de arriba. Se puede construir un plano auxiliar primario que va paralelo a la vista de filo del plano que contiene la tubería curva y perpendicular al plano horizontal. La vista auxiliar resultante localiza los puntos extremos de la tubería, a partir de los cuales se puede diseñar el empalme que cumpla con las condiciones de la unión.



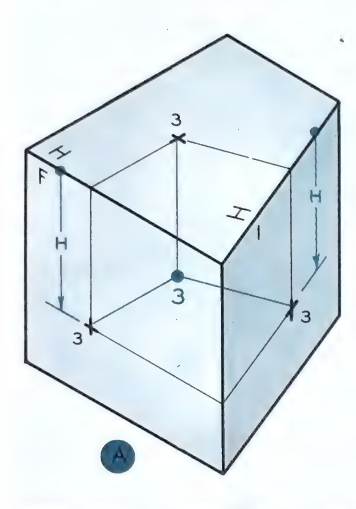
Fig. 8-6. Las longitudes de los segmentos curvos de tubería se pueden averiguar por medio de vistas auxiliares durante su diseño. Estas tuberías forman parte de un sistema transportador neumático de la Phillips Chemical Company. (Cortesía de General American Transportation Corporation.)

Fig. 8-7. Tamaño verdadero de una superficie inclinada. Plano de perfil de referencia.



Fig. 8-8. El platón de este camión Haulpak Modelo 45 se diseñó con la ayuda de las vistas auxiliares para determinar el tamaño de los planos oblicuos. (Cortesía de LeTourneau-Westinghouse Company.)

Tamaño verdadero de una superficie inclinada - Plano de referencia de perfil. El plano inclinado de la fig. 8-7 aparece de filo en la vista de lado, lo cual quiere decir que es inclinado respecto a los planos frontal y horizontal y perpendicular al de perfil. El plano auxiliar P-1 se traza paralelo a la vista de filo de la superficie inclinada en la vista de lado y a una distancia conveniente. Un observador cuya línea visual sea perpendicular al plano auxiliar verá de filo el plano de perfil. En consecuencia, las dimensiones de anchura *W* aparecerán en verdadera magnitud en la vista auxiliar. El observador también ve de filo el plano de perfil cuando mira la vista de frente, de tal manera que las dimensiones de anchura *W* también aparecen en verdadera magnitud en esta vista. Por tanto, las dimensiones *W* se pueden llevar de la vista de frente



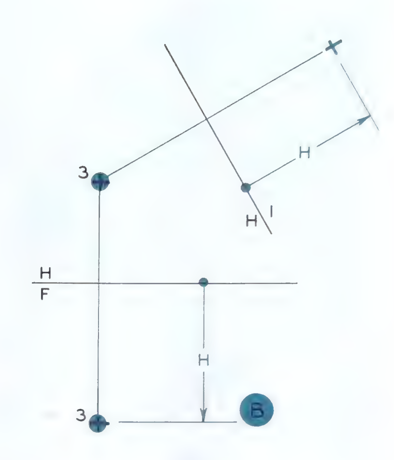


Fig. 8-9. Perspectiva y proyección ortogonal de una vista auxiliar simple de un punto.

a la vista auxiliar para establecer las esquinas de la superficie inclinada. Estas esquinas se unen para obtener la vista del plano inclinado en verdadero tamaño.

El platón del camión de la fig. 8-8 está formado por planos oblicuos a los cuales se les puede averiguar el verdadero tamaño por medio de vistas auxiliares. Se puede emplear cualquier par de vistas ortogonales adyacentes de estos planos para encontrar el tamaño verdadero de cada plano, siguiendo el procedimiento previamente descrito; sólo es necesario que los planos aparezcan de filo en una de las vistas principales.

8-3 VISTAS AUXILIARES SIMPLES DE UN PUNTO

La fig. 8-9A muestra la perspectiva del punto 3, cuando se proyecta sobre los planos horizontal, frontal y auxiliar. Obsérvese que el plano auxiliar es perpendicular al plano horizontal; en consecuencia, el observador verá de filo este plano cuando su línea visual sea perpendicular al plano auxiliar. Las distancias perpendiculares al plano horizontal aparecerán en verdadera magnitud cuando éste aparezca de filo. Por tanto, el punto 3 se puede localizar en la vista auxiliar, midiendo la distancia H a partir del plano horizontal en la vista de frente y llevándola al plano auxiliar, donde el plano horizontal también aparece de filo.

La construcción ortogonal de la vista auxiliar simple se ilustra en la parte B de la figura. Debe observarse que hay un número infinito de posiciones para el plano auxiliar proyectado a partir de la vista de arriba, pero, en todos los casos, el punto 3 deberá estar a la distancia *H* del plano horizontal. Análogamente, la vista auxiliar podría haberse proyectado a partir de la vista de frente, utilizando un plano auxiliar perpendicular al plano frontal, como se explicó en la sección 8-2. La vista auxiliar de un punto localizado en el espacio, tal como el del ejemplo, es de poco valor en el

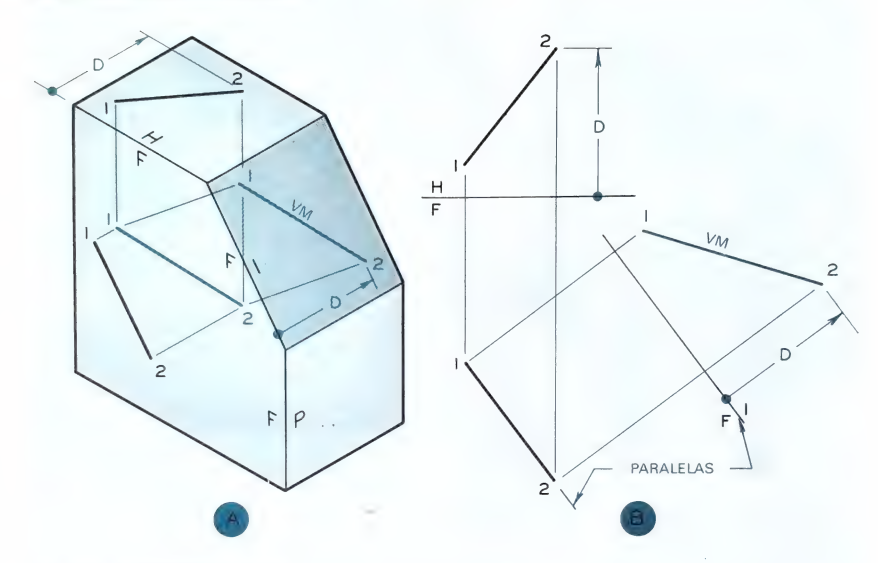


Fig. 8-10. Vista auxiliar simple de una recta.

perfeccionamiento o análisis de un diseño preliminar; sin embargo, es un principio básico de proyección que se aplica en cualquier construcción de vistas auxiliares.

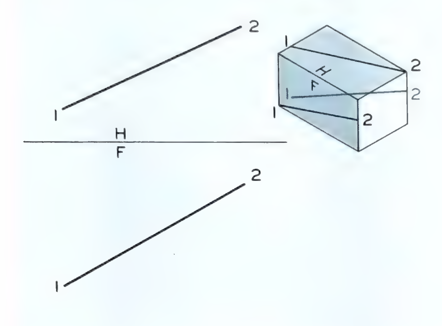
8-4 VISTA AUXILIAR SIMPLE DE UNA RECTA

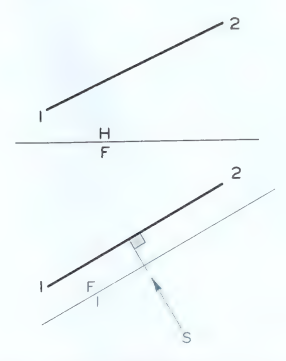
La fig. 8-10A muestra la perspectiva de las proyecciones de la recta 1-2, la cual se proyecta sobre los planos horizontal, frontal y auxiliar por medio del plano auxiliar construido paralelo a la proyección frontal de la recta 1-2. Cuando la línea de vista del observador es perpendicular al plano auxiliar, el plano frontal aparecerá de filo y todas las dimensiones perpendiculares a este plano se proyectarán en verdadera magnitud. La dimensión profundidad, *D*, es perpendicular al plano frontal y se utiliza, por tanto, como medida para construir la vista auxiliar de la recta 1-2. El punto 2 se halla a la misma distancia del plano frontal tanto en la vista auxiliar como en la proyección horizontal (vista de arriba).

En la parte B de la figura se muestra la construcción ortogonal de la vista auxiliar simple. El plano auxiliar se traza paralelo a la vista de frente de la recta 1-2, de tal manera que la línea visual del observador sea perpendicular a la recta y, por tanto, al plano auxiliar. Una recta aparecerá en verdadera magnitud en la proyección en la cual la línea visual del observador sea perpendicular a la recta, en este caso la vista auxiliar. La verdadera magnitud de la recta se puede medir en esta vista.

La fig. 8-11 muestra la serie de pasos necesarios para encontrar la verdadera magnitud de una recta oblicua. Es conveniente marcar todos los planos de referencia, utilizando la notación sugerida en las ilustraciones del ejem-

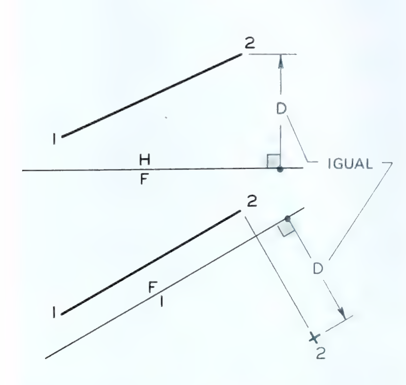
FIG. 8-11. VERDADERA MAGNITUD DE UNA RECTA

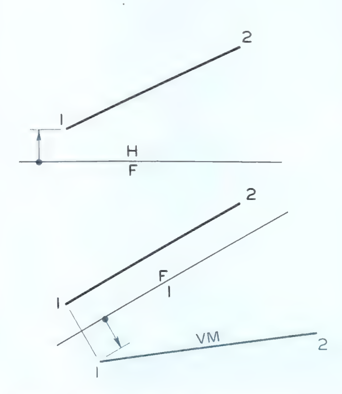




Dadas: Las vistas de frente y de arriba de la recta 1-2.
Se pide: Encontrar la vista en verdadera magnitud de la recta 1-2 por el método de la vista auxiliar.
Referencias: Secciones 5-22 y 8-4.

Paso 1: Una recta aparecerá en verdadera magnitud cuando se mire desde una dirección perpendicular a ella. Por tanto, establezca una línea visual perpendicular a la vista de frente de la recta 1-2 y trace el plano de referencia *F*-1 paralelo a ésta y perpendicular a la línea de vista. Marque el plano de referencia como *F*-1, puesto que es perpendicular al plano frontal.





Paso 2: Se utilizará el plano frontal como plano de referencia para las medidas, ya que la vista auxiliar se proyecta a partir de la vista de frente. El punto 2 está en la vista de arriba, a la distancia *D* del plano frontal. Por tanto, mida esta distancia perpendicularmente al plano *F*-1 en la vista auxiliar sobre la línea de proyección del punto 2.

Paso 3: Localice el punto 1 en la vista auxiliar de la misma manera que se hizo con el punto 2. Una los puntos 1 y 2 para obtener la vista de la recta 1-2 en verdadera magnitud. También se hubiera podido encontrar la verdadera magnitud de la recta proyectando a partir de la vista de techo y empleando un plano de referencia *H*-1.

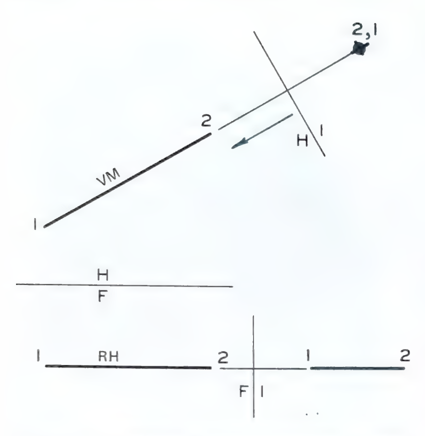


Fig. 8-12. Una vista auxiliar simple proyectada paralela a la recta en verdadera magnitud da una vista de punta de la recta.

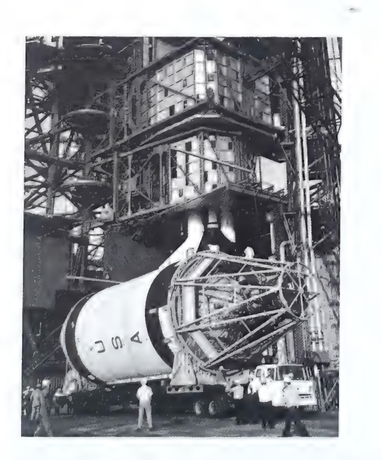


Fig. 8-13. Los miembros estructurales diagonales del vehículo de lanzamiento del Saturn 1B se diseñaron empleando vistas auxiliares simples para determinar sus verdaderas magnitudes. (Cortesía de NASA.)

plo. La línea de referencia trazada entre los planos principal y auxiliar primario representa la recta de intersección entre los planos principal y auxiliar, como se muestra en la figura 8-10. Una vista auxiliar proyectada a partir de la vista de frente tiene un plano de referencia marcado F-1, a partir de la vista horizontal, H-1, y a partir de la vista de perfil, P-1. La verdadera magnitud de una recta se puede encontrar proyectando desde cualquiera de estas vistas.

La vista de punta de una recta se puede encontrar en una vista auxiliar simple, siempre y cuando aparezca en verdadera magnitud en una vista principal. En la fig. 8-12, la recta 1-2 es horizontal en la vista de frente, lo cual hace que aparezca en verdadera magnitud en la vista de arriba. Cuando el plano auxiliar H-1 se traza perpendicular a la dirección de la recta 1-2 en la vista de arriba, la vista auxiliar resultante se proyectará como una vista de punta de la recta 1-2. Para poder obtener la vista de punta, la recta debe aparecer en verdadera magnitud en la vista a partir de la cual se va a proyectar la vista auxiliar. Obsérvese que la vista auxiliar, proyectada a partir de la proyección frontal de la recta 1-2, no da una vista de punta, sino una vista acortada de ésta. Esta proyección en particular es una vista de lado derecho.

La verdadera magnitud del miembro diagonal estructural del vehículo de lanzamiento del Saturn 1 B (fig. 8-13) se puede encontrar por medio de vistas auxiliares simples con un alto grado de exactitud. Este miembro no aparece en verdadera magnitud en ninguna de las vistas principales. Muchos otros ejemplos de rectas oblicuas que requieren solución por medio de vistas auxiliares se pueden observar en la estructura localizada al fondo de esta fotografía.

8-5 VERDADERA MAGNITUD POR GEOMETRIA DESCRIPTIVA

La fig. 8-14, en la cual la recta 3-4 aparece en verdadera magnitud en la vista de frente, muestra la aproximación analítica para encontrar la verdadera magnitud de una recta. La recta

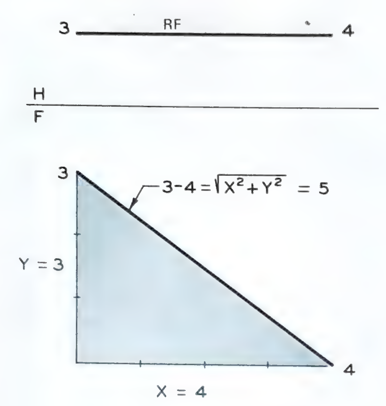


Fig. 8-14. La verdadera magnitud de una recta frontal se puede hallar analíticamente por el teorema de Pitágoras.

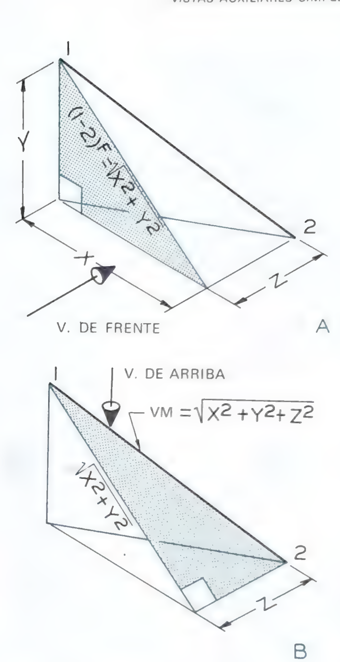


Fig. 8-15. Las coordenadas *X*, *Y* y *Z* se emplean para encontrar la verdadera magnitud de una recta oblicua.

puede medirse de la gráfica para encontrar su verdadera magnitud o, de otra manera, ésta puede hallarse aplicando el teorema de Pitágoras. Este teorema establece que la hipotenusa de un triángulo rectángulo es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los catetos. La aplicación de este principio, cuando la distancia horizontal entre los extremos de la recta es 4 unidades y la vertical es 3 unidades, da una longitud de 5 unidades para la recta 3-4.

Una recta oblicua que no aparece en verdadera magnitud en una de las tres vistas principales exige la manipulación de las tres coordenadas, *X*, *Y* y *Z*. Una recta de este tipo aparece en la perspectiva de la fig. 8-15. Obsérvese que las coordenadas *X* e *Y* se proyectan a la vista de frente en verdadera magnitud, mientras que la coordenada *Z* aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba. Se necesitan dos vistas para encontrar la verdadera magnitud de una recta oblicua por métodos analíticos, las mismas que se necesitan para encontrar una solución gráfica.

La fig. 8-16 ilustra los pasos requeridos para determinar la verdadera magnitud de la recta 1-2, empleando el método analítico.

Parte A. En las vistas de arriba y frente se construyen triángulos rectángulos, cuya hipotenusa es la recta 1-2. Las coordenadas, o catetos de los triángulos rectángulos, se trazan paralelas y perpendiculares al plano de H-F.

Parte B. La longitud de la proyección frontal de la recta 1-2 se encuentra aplicando el teorema de Pitágoras como si la recta apareciera en verdadera magnitud en esta vista. Se encuen-

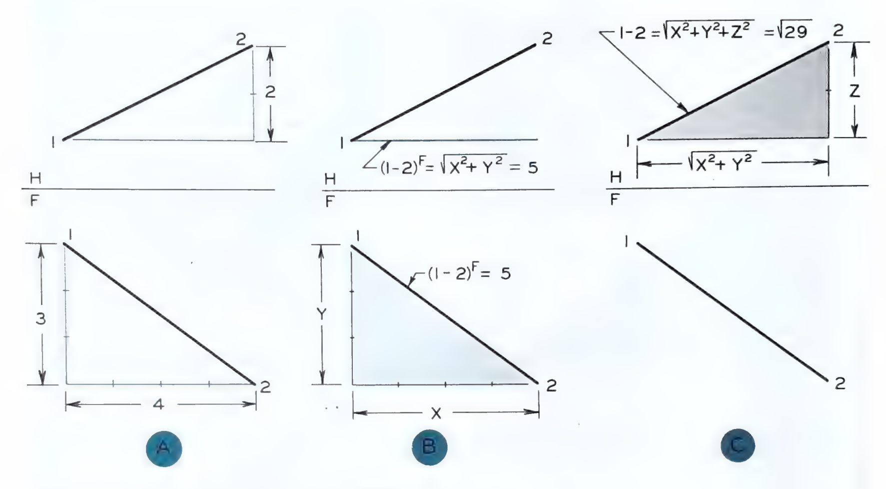


Fig. 8-16. Método analítico para averiguar la magnitud de una recta oblicua.

tra que la proyección frontal de la recta tiene 5 unidades de longitud, al substituir las coordenadas X e Y por 3 y 4 unidades, respectivamente. Esta longitud resultante se puede visualizar en la perspectiva de la fig. 8-15.

Parte C. La verdadera magnitud de la recta se puede encontrar combinando la longitud de la proyección frontal y la coordenada Z de la vista de arriba. La ecuación total para la recta 1-2 es:

$$1\text{-}2 = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = \sqrt{29}.$$

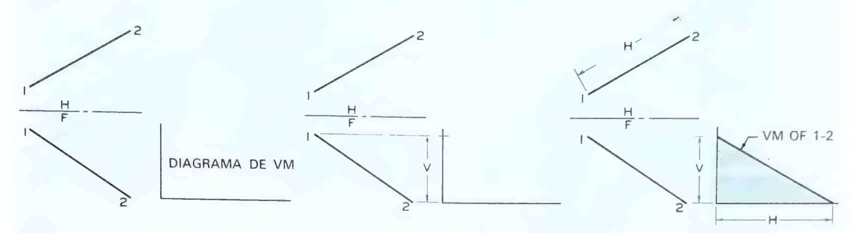
Se puede ver, por comparación, que los métodos analíticos para la determinación de la verdadera magnitud de una recta son muy parecidos al método de la vista auxiliar simple, en el cual se utiliza la proyección de una recta como base para construir una vista adicional en donde la coordenada faltante aparece en verdadera magnitud. Por ejemplo, una vista auxiliar proyectada a partir de la vista de frente de la recta 1-2 resultaría en una combinación de coordenadas donde tanto la proyección frontal de la recta 1-2 como la coordenada Z aparecen en verdadera magnitud, obteniéndose la verdadera magnitud de la recta 1-2. Los dos sistemas de análisis espacial se deben utilizar combinados, para obtener más exactitud y suministrar un medio de análisis exhaustivo.

8-6 VERDADERA MAGNITUD POR EL DIAGRAMA DE VERDADERAS MAGNITUDES

La verdadera magnitud de la recta 1-2, o de cualquier recta oblicua, se puede hallar por medio de un diagrama de verdaderas magnitudes, como se ilustra en la fig. 8-17. Aunque éste no es un método de vistas auxiliares, se precisa un conocimiento de estas vistas para comprenderlo.

Parte A. Se dan las vistas de frente y arriba de la recta 1-2. La distancia vertical entre los extremos de la recta en la vista de frente se proyecta para formar un cateto de un trián-

FIG. 8-17. DIAGRAMA DE VERDADERA MAGNITUD



Dadas: Dos vistas de la recta 1-2.
Se pide: Encontrar 1-2 en su verdadera magnitud en el diagrama de VM.

Paso 1: La distancia vertical entre los extremos de la recta 1-2 se transfiere a la recta vertical del diagrama de VM.

Paso 2: La distancia horizontal entre los extremos de la recta 1-2 se transfiere desde la vista de arriba a la otra recta del diagrama de VM. La verdadera magnitud se encuentra uniendo estos puntos.

gulo rectángulo que constituirá el diagrama de verdaderas magnitudes. Este diagrama se puede construir a partir de cualquier vista.

Parte B. La longitud proyectada de la recta 1-2 en la vista de arriba se lleva al diagrama de verdaderas magnitudes, donde representará el otro cateto del triángulo. La hipotenusa de este triángulo es la verdadera magnitud de la recta.

Aunque el diagrama de verdaderas magnitudes da la verdadera magnitud de la recta, no indica su dirección. En general, un diagrama de verdaderas magnitudes se puede proyectar a partir de cualquier par de vistas adyacentes, siendo un cateto la distancia entre los extremos de la recta proyectada, en una dirección perpendicular al plano de referencia entre las dos vistas. El otro cateto es la longitud proyectada de la recta en la vista adyacente.

8-7 ANGULOS ENTRE UNA RECTA Y LOS PLANOS PRINCIPALES

Cuando se dibuja una vista auxiliar simple, en esta vista aparecerá un plano principal de filo. Cuando la vista auxiliar se proyecta a partir de la vista de frente, el plano frontal aparecerá de filo; cuando se proyecta a partir de la vista horizontal, el plano horizontal aparecerá de filo; y cuando se proyecta a partir de la vista de perfil, el plano de perfil aparecerá de filo. El ángulo verdadero entre una recta y un plano principal se encuentra en la vista en que este plano aparece de filo y la recta en verdadera magnitud.

Angulo con el plano frontal. La fig. 8-18 ilustra la técnica para encontrar el ángulo entre la recta 3-4 y el plano frontal. En la parte A, la línea de vista es paralela al plano frontal y perpendicular a la recta 3-4, indicando la vista que se necesita para obtener el ángulo verdadero, θ, entre la recta y el plano frontal. En parte B se muestra la construcción ortogonal de la vista auxiliar proyectada a partir de la vista de frente. Obsérvese que el plano de referencia se localiza por el punto 4 de la vista de arriba, y no como la línea de doblez entre las dos vistas como es la práctica general. En la vista de arriba se puede localizar un plano de referencia en cualquier posición, incluyendo la línea misma, suponiendo que es un plano frontal de referencia. Debido a las limitaciones de espacio en los dibujos, generalmente, este plano se traza cerca de la vista de arriba dada, de modo que quede espacio para la vista auxiliar. El punto 3 de la vista de arriba está situado delante del plano frontal de referencia y se localiza en esta posición en la vista auxiliar.

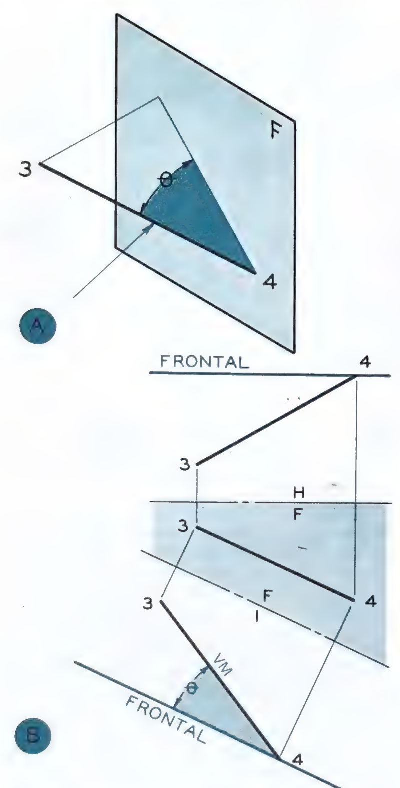


Fig. 8-18. Determinación del ángulo entre una recta y el plano frontal

Angulo con el plano horizontal. La figura 8-19A muestra en perspectiva el ángulo entre el plano horizontal y la recta 1-2. En una proyección a partir de la vista de arriba de la recta 1-2, el plano horizontal aparecerá de filo y la recta en verdadera magnitud, como se muestra en la parte B de la figura. El ángulo verdadero, θ, no puede medirse en la vista de frente, donde el plano horizontal aparece de filo, puesto que la recta 1-2 no aparece en verdadera magnitud en esta vista.

El montaje estructural empleado para fijar un orticonoscopio (fig. 8-20) a un telescopio es un ejemplo de la necesidad de averiguar el ángulo entre una recta y un plano principal. En este caso, la recta representa el soporte diagonal de la base, mientras que el plano

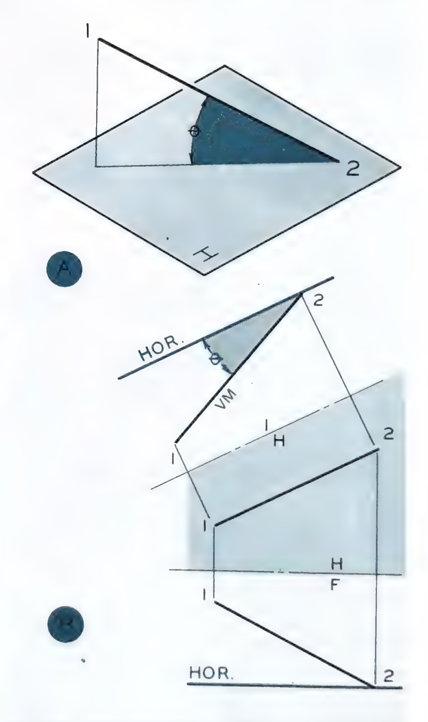


Fig. 8-19. Determinación del ángulo entre una recta y el plano horizontal.

horizontal es el plano de la base. Este ángulo debe conocerse para fabricar el diseño.

Angulo con el plano de perfil. La figura 8-21A muestra en perspectiva el ángulo entre el plano de perfil y la recta 5-6. Este ángulo puede obtenerse proyectando a partir de la vista de perfil (parte B). El plano de perfil aparece en tamaño verdadero en la vista de perfil y aparecerá de filo en una vista auxiliar que sea perpendicular a él, como sucede en

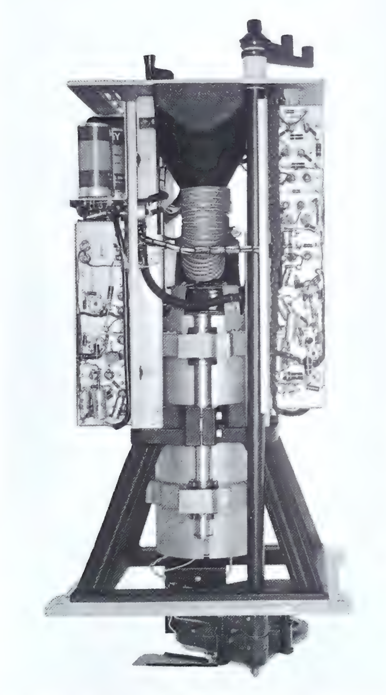


Fig. 8-20. El ángulo entre los soportes diagonales y la base de este orticonoscopio se pudo determinar por medio de una vista auxiliar. (Cortesía de ITT Industrial Laboratories.)

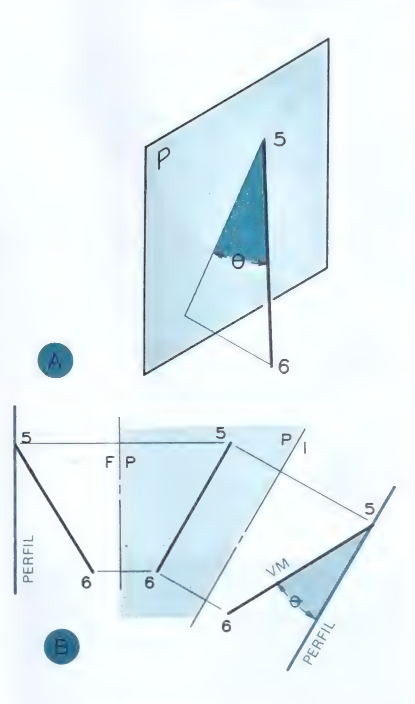


Fig. 8-21. Determinación del ángulo entre una recta y el plano de perfil.

este ejemplo. La verdadera magnitud del ángulo se encuentra en la vista auxiliar simple en que la recta 5-6 aparece en verdadera magnitud y el plano de perfil aparece de filo.

8-8 PENDIENTE DE UNA RECTA

Muchos problemas de ingeniería necesitan la determinación o especificación de la pendiente de una recta. La pendiente es el ángulo que forma la recta con el plano horizontal y se puede indicar como un ángulo en grados o

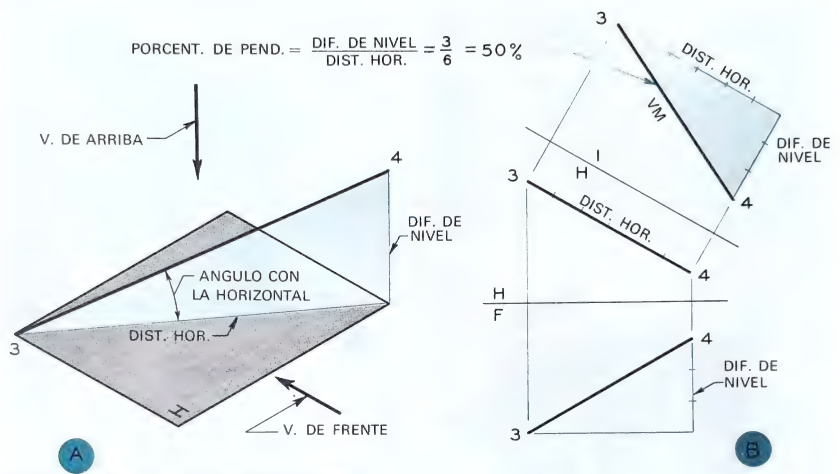


Fig. 8-22. Pendiente y porcentaje de pendiente de una recta.

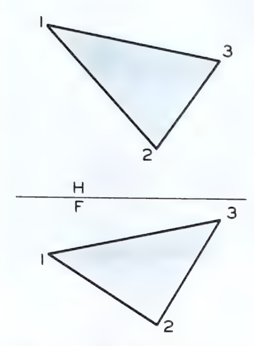


Fig. 8-23. La pendiente seguida por una línea de tubería en diferentes intervalos debe averiguarse durante su diseño. (Cortesía de Trunkline Gas Transmission Company.)

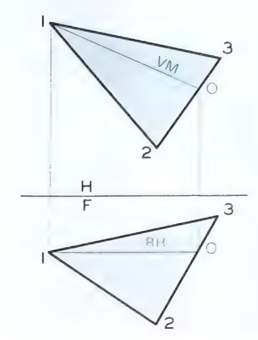
como un porcentaje. La fig. 8-22A muestra la pendiente de la recta 3-4 con el plano horizontal de referencia. La pendiente no se puede averiguar de las vistas de frente o arriba, puesto que la recta no aparece en verdadera magnitud en ninguna de ellas. La pendiente de la recta 3-4 se encontrará averiguando la verdadera magnitud de la recta en una vista que en el plano horizontal aparezca de filo. Estas condiciones se satisfacen cuando se proyecta una vista auxiliar simple a partir de la vista de arriba, como se ilustra en la parte B de la figura.

El grado de pendiente de una recta es la relación entre la diferencia de nivel entre puntos extremos de la recta y la distancia horizontal entre los mismos, medida en la vista de arriba. Estas dos distancias aparecen en verdadera magnitud en la vista auxiliar proyectada a partir de la vista de arriba. En este ejemplo, el porcentaje de pendiente es del 50 por ciento. Este porcentaje sólo se puede averiguar en una vista en la cual el plano horizontal

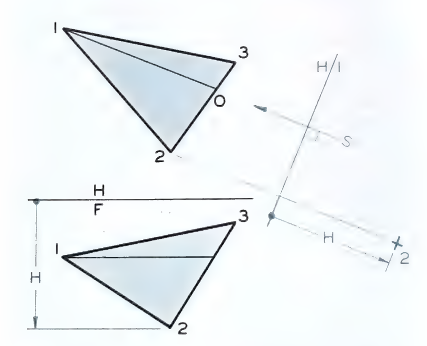
FIG. 8-24. VISTA DE FILO DE UN PLANO



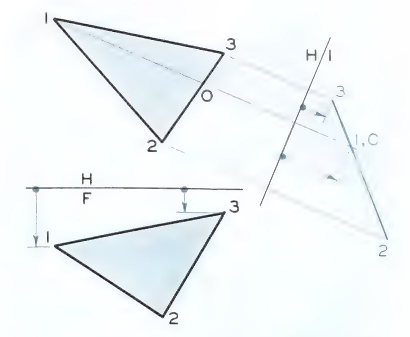
Dadas: Las vistas de arriba y de frente de un plano 1-2-3.
Se pide: Encontrar la vista de filo del plano.
Referencias: Secciones 8-4 y 8-9.



Paso 1: Trace la recta horizontal 1-*O* en la vista de frente del plano 1-2-3 y proyecte el punto *O* a la vista de arriba sobre la recta 2-3. La recta 1-*O* está en verdadera magnitud en la vista de arriba, puesto que el plano horizontal aparece de filo en esta vista y la recta 1-*O* es paralela a dicho plano. *Nota:* podría haberse dibujado en la vista de frente cualquier recta horizontal diferente de la 1-*O*.



Paso 2: Un plano aparecerá de filo en una vista en la cual una recta contenida en el plano aparezca de punta. La línea 1-*O* aparecerá de punta si la línea de vista de la nueva proyección se toma paralela a la vista en verdadera magnitud de la recta 1-*O*; por tanto, hace el plano de referencia *H*-1 perpendicular a 1-*O*. Localice el punto 2, proyectándolo paralelo a la línea de vista y llevando la distancia *H* de la vista de frente a la vista auxiliar.



Paso 3: Encuentre los puntos 1 y 3 de la misma manera, proyectándolos paralelos a la recta 1-*O* en verdadera magnitud (que es perpendicular al plano de referencia *H*-1). Localice los puntos con respecto al plano *H*-1, llevando a la vista auxiliar las distancias *H* del planc *H*-*F* en la vista de frente, como en el paso 2.

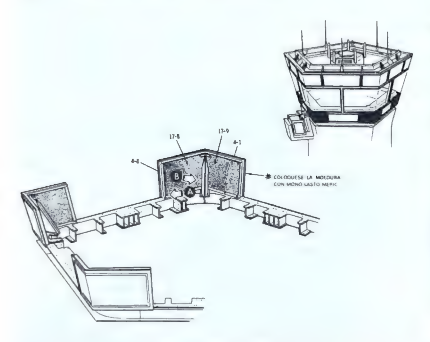


Fig. 8-25. Se deben hallar los ángulos entre los planos de las esquinas de esta torre de control para poder diseñar el brazo que los une. (Cortesía de la Federal Aviation Agency.)

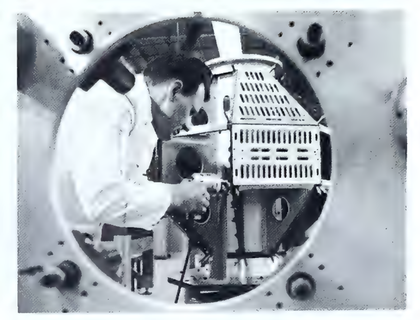


Fig. 8-27. Los ángulos entre los planos de la estructura básica de este satélite Consat se encontraron antes de diseñar el sistema para fabricar las uniones. (Cortesía de TRW Systems.)

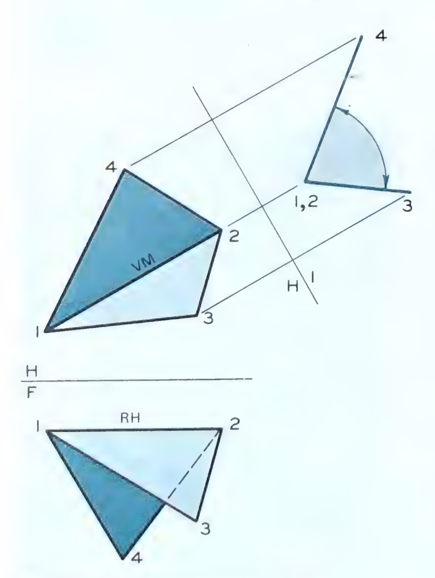


Fig. 8-26. Determinación del ángulo entre dos planos.

aparezca de filo y la recta en verdadera magnitud; en consecuencia, esta vista auxiliar debe proyectarse a partir de la vista de arriba y no de las vistas frontal o de perfil.

Algunas veces se dice que la pendiente es positiva (+) o negativa (—). Una pendiente positiva indica que una recta o un plano se inclina hacia arriba a partir de un punto de referencia y negativa indica que se inclina hacia abajo.

Todos los drenajes de flujo por gravedad deben analizarse para determinar las pendientes y los porcentajes de pendiente del sistema. En la tubería de la fig. 8-23, por ejemplo, se calculó la pendiente a partir de datos tomados sobre el terreno para averiguar la longitud y efectividad de la misma.

8-9 VISTA DE FILO DE UN PLANO

La vista de filo de un plano se puede encontrar en una vista auxiliar simple, aplicando los principios previamente estudiados. Un plano aparecerá de filo en una vista en la cual una recta contenida en él aparezca de punta.

En la fig. 8-24 se muestra esta construcción por pasos sucesivos. Se puede construir una

línea en verdadera magnitud que esté contenida en el plano, trazándola paralela a uno de los planos principales y proyectándola a la vista adyacente, como se muestra en el paso 1, en el cual se ha trazado una recta horizontal. Puesto que la recta 1-*O* está en verdadera magnitud en la vista de arriba, se puede averiguar su vista de punta como se hizo en la figura 8-12. El resto del plano aparece de filo en esta vista. Esta es una proyección básica que suministra al diseñador un método para resolver problemas similares, tales como los que se verán en capítulos siguientes.

8-10 ANGULO ENTRE DOS PLANOS

Frecuentemente, es necesario averiguar el ángulo entre dos planos, llamado ángulo diedro, para el perfeccionamiento de un diseño. Probablemente sea necesario diseñar un brazo, que una varios planos en una posición deseada, basándose en el ángulo entre ellos, como en la fig. 8-25, donde se deben unir mediante un brazo adecuado los planos de las esquinas de una torre de control. En otra situación, los planos pueden representar estratos de mineral bajo la tierra.

El ángulo entre dos planos se puede medir en una vista donde la línea de intersección de los mismos aparezca de punta.

En la fig. 8-26, el ángulo entre los planos 1-2-3 y 1-2-4 se puede encontrar en una vista auxiliar simple, puesto que la línea de intersección 1-2 aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba. El plano auxiliar H-1 se traza de tal manera que sea perpendicular a la dirección de la recta 1-2 en la vista de arriba. Se proyecta una vista sobre el plano auxiliar en el cual la recta 1-2 aparece de punta. En esta vista, los dos planos aparecen de filo, puesto que la recta 1-2 es común a ambos. El ángulo diedro se mide en esta vista.

El satélite de la fig. 8-27 tiene planos que se intersecan y que exigieron la determinación de los ángulos diedros. Estos ángulos influyen sobre los miembros estructurales del interior y sobre el método para unir los planos.

8-11 PUNTO DE INTERSECCION ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO POR EL METODO DEL PLANO SECANTE

En el diseño de muchos proyectos de ingeniería, es necesario localizar el punto en el cual una recta interseca un plano. La recta puede representar un miembro estructural que debe fijarse a un plano oblicuo o un cable que debe pasar a través de un recinto.

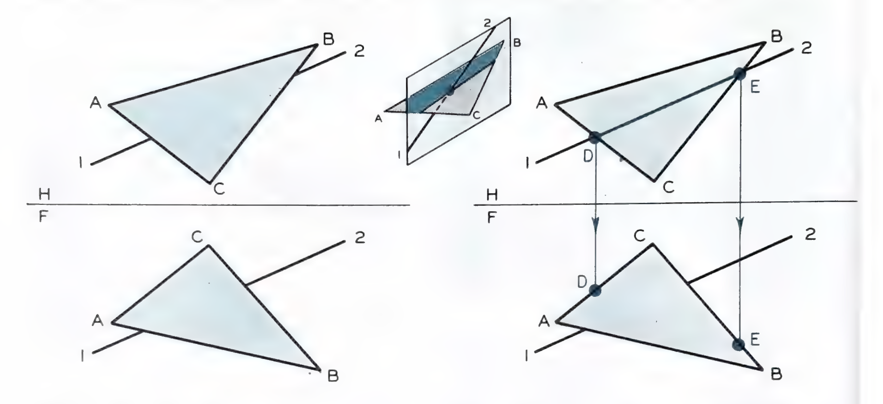
La fig. 8-28 muestra los pasos necesarios seguidos para encontrar el punto de intersección de una recta que atraviesa un plano, utilizando principios de proyección análogos a los vistos en el capítulo 7. La visibilidad de la recta se puede encontrar aplicando los principios expuestos en la sección 7-12. Si una recta corta un plano, será visible a un lado del punto de intersección e invisible al otro lado.

Las derivaciones de la instalación del acelerador de partículas de la fig. 8-29 se muestran atravesando las paredes protectoras. Estos puntos de intersección pueden encontrarse gráficamente con el procedimiento expuesto en la fig. 8-28.

8-12 PUNTO DE INTERSECCION DE UNA RECTA CON UN PLANO POR EL METODO DE LA VISTA AUXILIAR

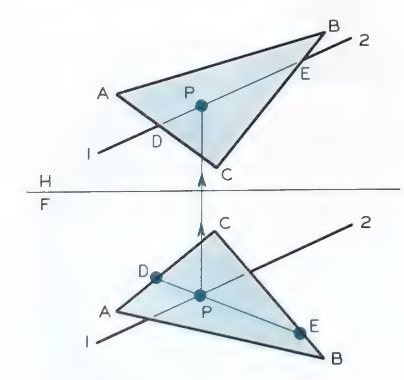
Un método alterno para encontrar el punto de intersección de una recta que corta un plano es el método de la vista auxiliar que se ilustra en la fig. 8-30. La vista de filo del plano se encuentra proyectando una vista auxiliar simple a partir de cualquiera de las dos vistas dadas. El punto de intersección es el punto donde en esta vista se cortan la recta y la vista de filo del plano. Este punto, *P*, se localiza en las vistas principales proyectándolo a la vista de frente sobre la recta *AB* de la vista de arriba y luego a la vista de frente, también sobre la recta *AB*. Sin embargo, en muchos casos, para comprobar la localización y obtener mayor exactitud, es conveniente llevar la distancia *H* de la vista auxiliar a la vista de frente. Esto es más necesario cuando la vista de frente de la recta tiende a ser vertical. La visibilidad se encuentra fácil-

FIG. 8-28. PUNTO DE INTERSECCION ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO. METODO DEL PLANO SECANTE

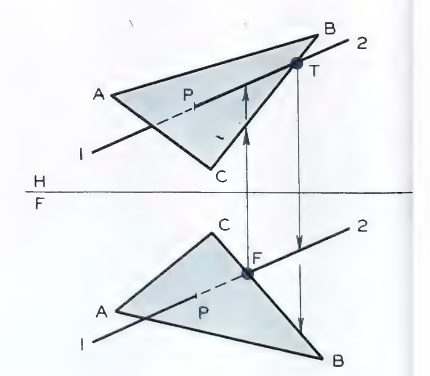


Dadas: Las vistas de arriba y de frente del plano *ABC* y la recta 1-2.
Se pide: Encontrar por el método del plano secante el punto en que la recta 1-2 interseca el plano y la visibilidad en ambas vistas.
Referencia: Secciones 7-12 y 8-11.

Paso 1: Suponga que por la recta 1-2 en la vista de arriba se pasa un plano vertical. Este plano interseca a *AC* y *BC* en los puntos *D* y *E*. Proyecte estos puntos a la vista de frente.



Paso 2: La línea *DE* representa la intersección entre el plano vertical imaginario y el plano *ABC*. Cualquier recta que pertenezca al plano secante y que interseque el plano *ABC* lo cortará en algún punto sobre la línea *DE*. Como la recta 1-2 pertenece al plano secante, intersecará el plano *ABC* en la vista de frente en el punto *P*, el cual se debe proyectar a la vista de arriba.



Paso 3: La visibilidad de la recta 1-2 en la vista de frente se encuentra analizando el punto *F*, punto de cruce entre *P*-2 y *BC*. Proyectando este punto a la vista de arriba, se observa que *BC* está delante de *P*-2; por tanto, *BC* es visible en la vista de frente. La visibilidad de la vista de arriba se encuentra analizando el punto *T* de manera análoga, averiguándose que *P*-2 está a mayor elevación que *BC* en la vista de frente, siendo, por tanto, visible en la vista de arriba.

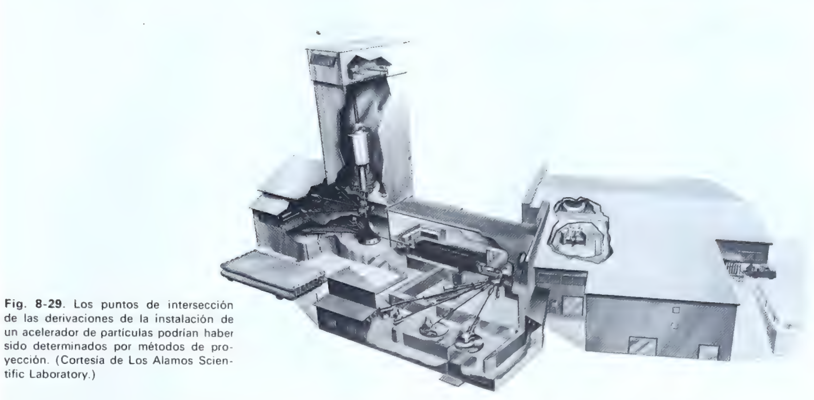


Fig. 8-29. Los puntos de intersección de las derivaciones de la instalación de un acelerador de partículas podrían haber sido determinados por métodos de proyección. (Cortesía de Los Alamos Scientific Laboratory.)

mente en la vista a partir de la cual se proyecta la vista auxiliar. La posición de la recta situada en la parte superior del plano en la vista auxiliar simple es visible en la vista principal, la recta *AP*, en este caso.

El punto de intersección entre la columna de la dirección y el piso de la cabina del camión de la fig. 8-31 puede encontrarse aplicando este principio de geometría descriptiva. La localización exacta de este punto es necesaria para el funcionamiento del mecanismo de dirección.

8-13 RECTA PERPENDICULAR A UN PLANO

La economía del diseño establece que los materiales deben reducirse al mínimo. Si se debe fijar un miembro estructural a un plano oblicuo, será más económico si se diseña perpendicular al plano, puesto que ésta es la distancia mínima y exige la menor cantidad de material.

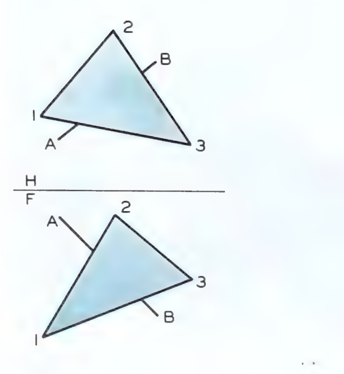
La fig. 8-32 es un ejemplo donde se pide encontrar la distancia mínima de un punto a un plano. En una vista auxiliar se encuentra la vista de filo del plano. La mínima distancia (distancia perpendicular) aparecerá en verdadera magnitud en esta vista y por tanto se traza desde el punto *O*, perpendicular a la vista de filo del plano. El punto de intersección se proyecta a la vista de arriba, hasta que corte la recta trazada por el punto *O*, paralela al plano de referencia H-1. La recta *OP* debe ser paralela al plano H-1 en la vista de arriba, puesto que aparece en verdadera magnitud en la vista auxiliar; es también perpendicular en la vista de arriba a las rectas en verdadera magnitud, puesto que las rectas perpendiculares se proyectarán como tales cuando una o dos de ellas estén en verdadera magnitud, como se vio en la sección 7-20. La recta *OP* es perpendicular a todas las rectas contenidas en el plano; en consecuencia, es perpendicular a las rectas en verdadera magnitud de la vista de arriba. La vista de frente del punto de intersección y su visibilidad se encuentran de la manera explicada en la sección 8-12.

En la fig. 8-33 se muestra un problema que conlleva este principio. Los paneles solares están fijados al satélite de tal manera que pueden rotar y aprovechar mejor la energía solar disponible. La orientación de los paneles solares con respecto a los rayos perpendiculares del sol es una aplicación de los principios ilustrados en la fig. 8-32.

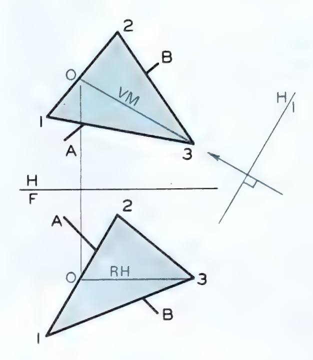
8-14 INTERSECCION ENTRE PLANOS METODO DEL PLANO SECANTE

La línea de intersección entre dos planos que se intersecan, se puede encontrar aplicando

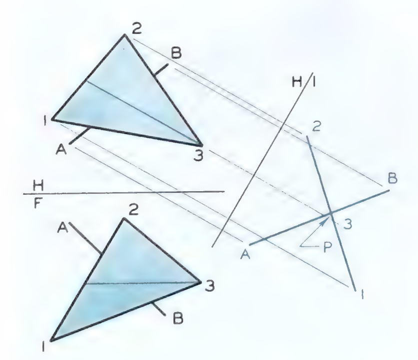
FIG. 8-30. PUNTO DE INTERSECCION ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO. METODO DE LA VISTA AUXILIAR



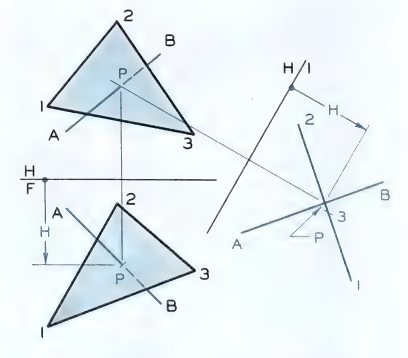
Dadas: Las vistas de arriba y de frente del plano 1-2-3 y la recta *AB*.
Se pide: Encontrar el punto de intersección entre la recta *AB* y el plano 1-2-3 y la visibilidad en ambas vistas por el método de la vista auxiliar.
Referencia: Sección 8-12.



Paso 1: Trace la recta horizontal *O*-3 en la vista de frente y proyéctela a la vista de arriba, donde aparecerá en verdadera magnitud. Establezca la línea de vista de la vista auxiliar simple, paralela a la recta *O*-3 de la vista de arriba. Trace el plano *H*-1 perpendicular tanto a la línea de vista como a *O*-3.



Paso 2: Construya la vista de filo del plano 1-2-3 en la vista de punta de la recta *O*-3. Proyecte también la recta *AB*. El punto *P* de la vista auxiliar es el punto de intersección de la recta *AB* y el plano 1-2-3



Paso 3: Proyecte el punto *P* a las vistas de arriba y de frente. La vista de frente de *P* se puede comprobar llevando la distancia *H* de la vista auxiliar a la vista de frente. El punto *A* está más cerca del plano *H*-1 en la vista auxiliar; por tanto, la recta *AP* está a mayor elevación del plano y es visible en la vista de arriba. La visibilidad en la vista de frente se establece con el método de la fig. 8-28.

los principios estudiados en la sección 8-11. La línea de intersección se encuentra proyectando sobre un plano los puntos de intersección de dos rectas del otro plano. En la figura 8-34 se muestra por pasos este procedimiento. Puede determinarse por observación que las rectas 1-2, 2-3 y *AB* no atraviesan ninguno de los dos planos, puesto que están fuera de ellos en las vistas dadas. Por tanto, se escogen las rectas *AB* y *BC* por ser rectas que sí pueden cortar el plano 1-2-3. La recta *AC* se estudia como si fuera una línea cualquiera y no una línea de un plano. En la vista de arriba se hace pasar un plano secante vertical que contenga la recta, como se hizo en la figura 8-28. Se encuentra el punto de intersección *P* y se proyecta a ambas vistas. La recta *BC* se estudia de la misma manera para hallar su punto de intersección *T*. *Nota:* es necesario trabajar con un solo plano, en vez de encontrar el punto de intersección de una recta de un plano y luego saltar a una recta del otro plano. La solución debe obtenerse de una manera sistemática.

Una vez encontrados los puntos de intersección de las dos rectas con el otro plano, todas las rectas de este plano que corten al primero lo cortarán sobre la recta que une los dos puntos de intersección hallados. Los puntos *P* y *T* se unen para obtener la línea de intersección. La visibilidad se determina analizando los puntos de cruce de las líneas de cada plano. El análisis de la visibilidad se estudia en la sección 7-12.

8-15 INTERSECCION ENTRE PLANOS. METODO DE LA VISTA AUXILIAR

Un método alterno para encontrar la línea de intersección de dos planos que se cortan es el método de la vista auxiliar que se ilustra en la fig. 8-35. En el paso 1 se encuentra la vista de filo de uno de los planos en una vista auxiliar en que el otro plano aparecerá acortado. En el paso 2, los puntos de intersección, *L* y *M*, se proyectan de la vista auxiliar a la vista de arriba sobre las líneas 5-6 y 4-6 respectivamente. En el paso 3, la visibilidad del plano 4-5-6 en la vista de arriba se averigua

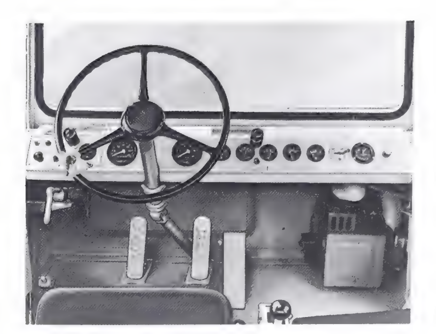


Fig. 8-31. El punto de intersección entre la columna de la dirección y el piso de la cabina se puede encontrar empleando los principios de la geometría descriptiva. (Cortesía de LeTourneau Westinghouse Company.)

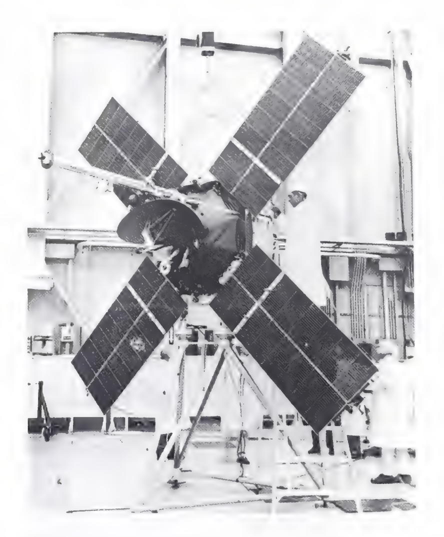
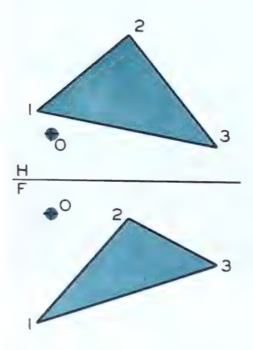
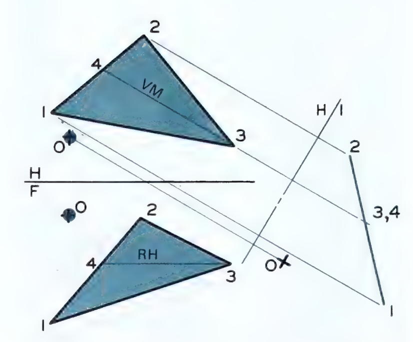


Fig. 8-33. Los paneles solares de este satélite se han diseñado para que permanezcan perpendiculares a los rayos del sol para aprovechar mejor la energía solar. (Cortesía de Ryan Aeronautics, Inc.)

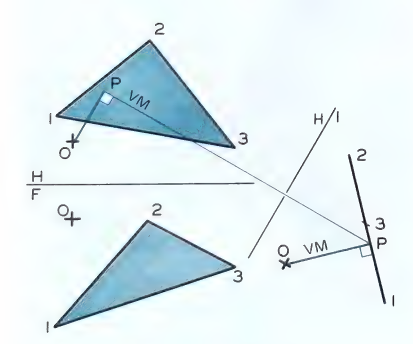
FIG. 8-32. RECTA PERPENDICULAR A UN PLANO



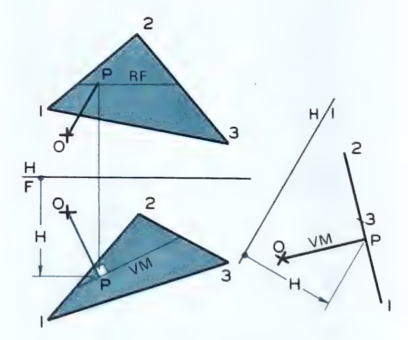
Dados: El plano 1-2-3 y el punto *O* en dos vistas.
Se pide: Encontrar la mínima distancia del punto *O* al plano 1-2-3 y mostrarla en todas las vistas.
Referencias: Secciones 7-20 y 8-13.



Paso 1: Trace la recta horizontal 3-4 sobre el plano 1-2-3 en la vista de frente. Esta recta aparecerá en verdadera magnitud en la vista de arriba. Proyecte el plano 1-2-3 para que aparezca de filo en una vista auxiliar en que 3-4 aparezca de punta. Proyecte también el punto *O* a esta vista.

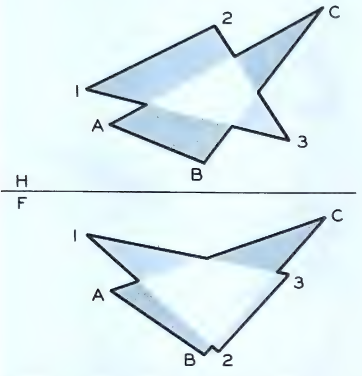


Paso 2: Trace la recta *OP* perpendicular a la vista de filo del plano 1-2-3, puesto que la distancia mínima es perpendicular al plano. Debido a que la recta *OP* está en verdadera magnitud en la vista auxiliar, la vista de arriba de esta recta debe ser paralela al plano de referencia *H*-1 y, además, perpendicular a la dirección de las rectas en verdadera magnitud de la vista de arriba.

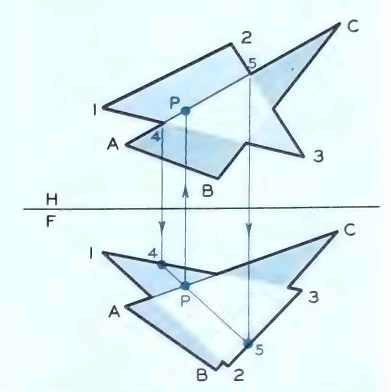


Paso 3: La vista de frente de la recta *OP* se encuentra proyectando el punto *P* a esta vista y localizándolo a la distancia *H* del plano de referencia *HF*. La distancia *H* se lleva de la vista auxiliar. La recta *OP* es visible en todas las vistas; además, es perpendicular a todas las rectas en verdadera magnitud de la vista.

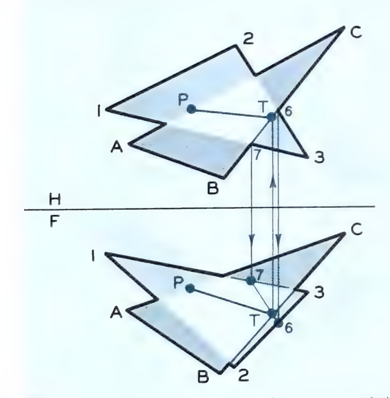
FIG. 8-34. INTERSECCION DE DOS PLANOS. METODO DEL PLANO SECANTE



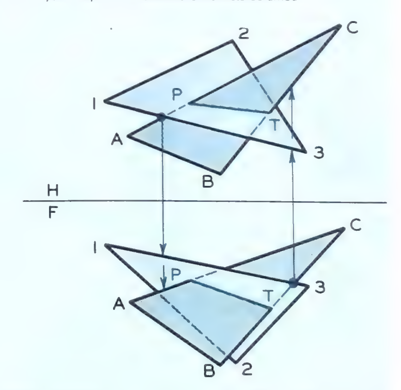
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de los planos 1-2-3 y *ABC*. **Se pide**: Encontrar la línea de intersección entre los planos y determinar la visibilidad en ambas vistas por el método del plano secante. **Referencias**: Secciones 8-11 y 8-14.



Paso 1: En la vista de arriba trace un plano secante vertical que contenga la recta *AC* y establezca los puntos 4 y 5. Proyecte los puntos 4 y 5 a las rectas 1-3 y 2-3, respectivamente, en la vista de frente. La recta *AC* corta el plano 1-2-3 en el punto de cruce con la recta 4-5. Proyecte el punto *P* sobre *AC* en la vista de arriba

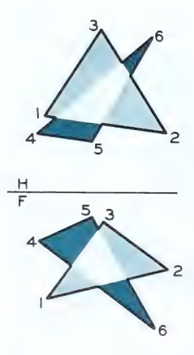


Paso 2: En la vista de arriba trace un plano secante vertical que contenga la recta *AC* y establezca los puntos 6 y 7. Proyecte los puntos 6 y 7 a la vista de frente. El punto *T* es el punto de intersección entre la recta *BC* y el plano 1-2-3. La recta *PT* es la línea de intersección entre los planos. Los puntos de intersección de las rectas *AC* y *BC* se encuentran como si éstas fueran rectas cualesquiera y no rectas del plano.

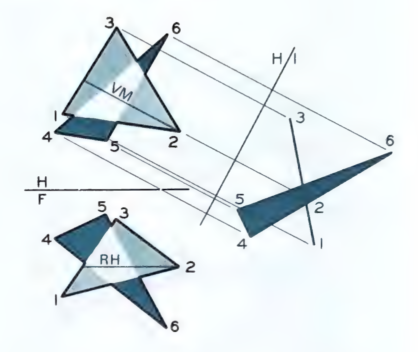


Paso 3: Analice el cruce de *AP* y 1-3 en la vista de arriba para establecer la visibilidad y proyéctelo a la vista de frente, donde se observa que 1-3 se encuentra a mayor altura, siendo, por tanto, visible en la vista de arriba, por lo que *PCT* es visible. La visibilidad en la vista de frente se encuentra analizando el cruce de *CT* y 1-3, de donde se obtiene que 1-3 es visible en esta vista.

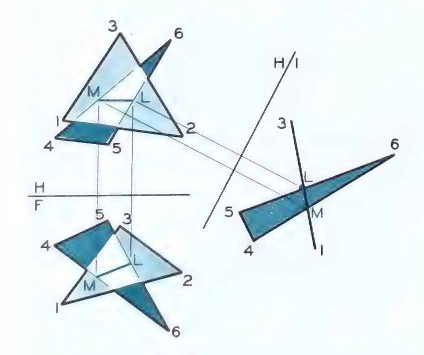
FIG. 8-35. INTERSECCION DE DOS PLANOS. METODO DE LA VISTA AUXILIAR



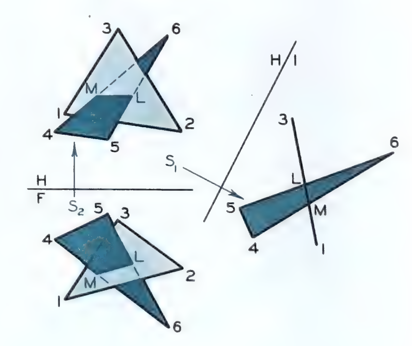
Dadas: Las vistas de arriba y de frente de los planos 1-2-3 y 4-5-6. **Se pide:** Encontrar la línea de intersección entre los planos y determinar la visibilidad en ambas vistas por el método de la vista auxiliar. **Referencias:** Secciones 7-12, 8-12 y 8-15.



Paso 1: Trace una recta horizontal contenida en el plano 1-2-3 y proyéctela a la vista de arriba, donde aparecerá en verdadera magnitud. Encuentre la vista de filo del plano 1-2-3, proyectando la vista auxiliar en que la recta en verdadera magnitud aparezca de punta. Proyecte también el plano 4-5-6 a la vista auxiliar.



Paso 2: Los puntos *L* y *M* de la vista auxiliar son los puntos de intersección de las rectas 5-6 y 4-6. Proyecte estos puntos a las vistas de arriba y de frente para obtener la línea de intersección *LM*.



Paso 3: La visibilidad en la vista de arriba se obtiene mirando la vista auxiliar en la dirección *S*-1, donde se observa que el plano 4-5-*L*-*M* está sobre el plano 1-2-3 y, por tanto, es visible en la vista de arriba. La visibilidad en la vista de frente se obtiene mirando la vista de arriba en la dirección *S*-2, donde 4-5 está delante de 1-3, siendo, por tanto, visible en la vista de frente.

por inspección de la vista auxiliar, en la cual la línea de vista S_1 mira directamente la porción 4-5-*L*-*M* del plano. Esta parte del plano es visible en la vista de frente, puesto que la línea de vista *S* da una vista directa en la vista de arriba de esta porción del plano.

8-16 RUMBO DE UNA RECTA

En ingeniería civil y aplicaciones geológicas, las rectas se trazan frecuentemente a partir de información escrita y notas obtenidas en el campo. Las rectas también pueden representar las trayectorias de un movimiento en navegación, donde se dan instrucciones verbales desde un punto alejado. Un método comúnmente aceptado para localizar con palabras una recta es utilizar los puntos cardinales.

La fig. 8-36 muestra los rumbos de cuatro rectas. Obsérvese que los rumbos de estas rectas comienzan con la dirección norte o sur en todos los casos. El rumbo de una recta localizada 30° al oeste de la norte, se indica como Norte 30° Oeste o N 30° O. Una recta que tenga un ángulo de 60° con el punto sur de una brújula se indica como Sur 60° Este o S 60° E. Puesto que la brújula sólo se puede leer cuando está colocada horizontalmente, los rumbos de las rectas se podrán localizar únicamente en la vista de arriba. Un rumbo es una dirección horizontal.

La fig. 8-37 es un ejemplo de azimut, el cual se mide a partir del punto norte de la brújula en el sentido del reloj. Las lecturas en forma de azimut se emplean para evitar la confusión que puede producir el hecho de referirse a los cuatro puntos cardinales. Un azimut de 120° es una dirección que forma 120° con la norte y es idéntico al rumbo S 60° E como se muestra en la fig. 8-36. Un azimut de 210° es equivalente a S 30° O. La fig. 8-38 es un ejemplo de rumbo que varía constantemente en el caso de una nave espacial orbital.

Aunque los rumbos y los azimutes son direcciones horizontales, frecuentemente se emplean estos términos para especificar la construcción de sistemas de cañerías o el diseño de sistemas de tuberías cuyos tubos están inclinados con respecto al plano horizontal.

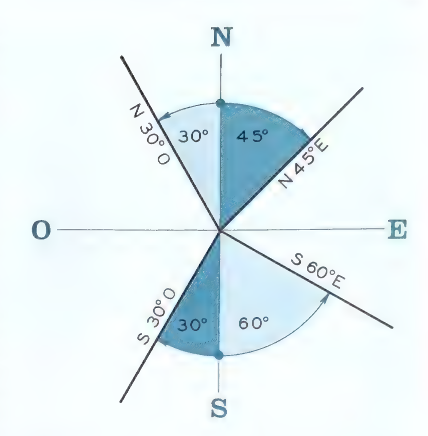


Fig. 8-36. Rumbo de cuatro rectas.

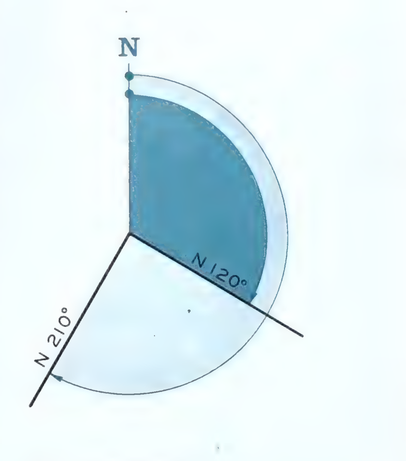


Fig. 8-37. Azimut de rectas.

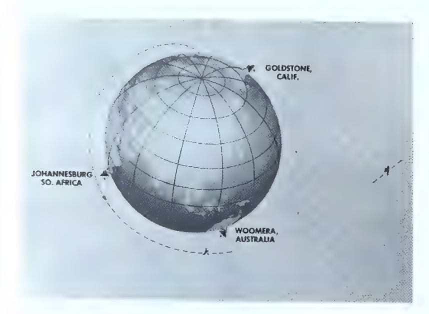


Fig. 8-38. Durante la órbita de lanzamiento, una nave espacial tiene un cambio de rumbo constante. (Cortesía del Jet Propulsion Laboratory de California Institute of Technology y NASA.)

En estos casos, los rumbos se refieren generalmente a la dirección de la línea con respecto a su extremo más bajo. La fig. 8-39 muestra las rectas 0-2, 0-1 y 0-3, cada una de las cuales tiene un rumbo N 45° E, puesto que todas están contenidas en un mismo plano vertical donde el punto *O* es el extremo inferior de todas las rectas. La recta 0-3 es una recta horizontal que aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba. Las rectas 0-1 y 0-2 no están completamente descritas al indicarlas por su rumbo, debido a que no son rectas horizontales. Estas rectas deben describirse con palabras, indicando, además, sus pendientes. En la figura 8-40 se averigua la pendiente de una recta con rumbo S 60° O, proyectando una vista auxiliar a partir de la vista de arriba para que el plano horizontal aparezca de filo. En este caso, se encuentra que la pendiente (ángulo que la recta hace con la horizontal) es de 34°. Si el extremo más bajo de la recta fuera el punto B, el rumbo de *AB* sería, en este caso, N 60° E.

Para localizar exactamente una recta en el espacio, es suficiente con establecer un solo punto de ella en las vistas de frente y arriba y dar las especificaciones de rumbo y pendiente de la recta que pasa por el punto. Este método se usa frecuentemente en especificaciones escritas en contratos de construcción.

8-17 PENDIENTE DE UN PLANO

Los planos se pueden localizar en el espacio por medio de especificaciones escritas de *pendiente* y *dirección de pendiente*, que se definirán a continuación.

Pendiente. La pendiente de un plano es el ángulo que hace con un plano horizontal.

Dirección de pendiente. La dirección de pendiente es el rumbo de una recta perpendicular a una recta contenida en el plano y que aparezca en verdadera magnitud en la vista de arriba, tomado en la dirección del lado más bajo. Esta es la dirección en la cual rodaría una pelota sobre el plano.

Estos términos se muestran gráficamente en la fig. 8-41. El ángulo verdadero de pendiente se observa cuando se mira paralelamente a la línea de intersección de las vertientes del tejado. Puesto que esta línea es horizontal, una pelota rodará perpendicularmente a ella, estableciendo, por tanto, la dirección de pendiente, que se da en forma de rumbo.

La fig. 8-42 muestra los pasos necesarios para determinar la pendiente y la dirección

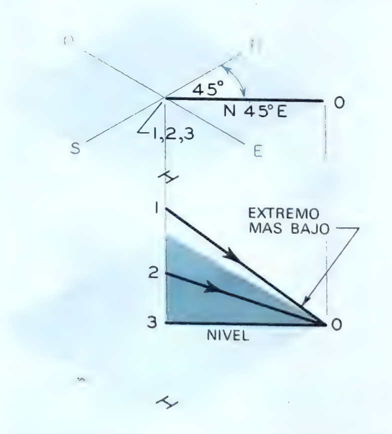


Fig. 8-39. El rumbo de una recta se toma en la dirección de su extremo más bajo.

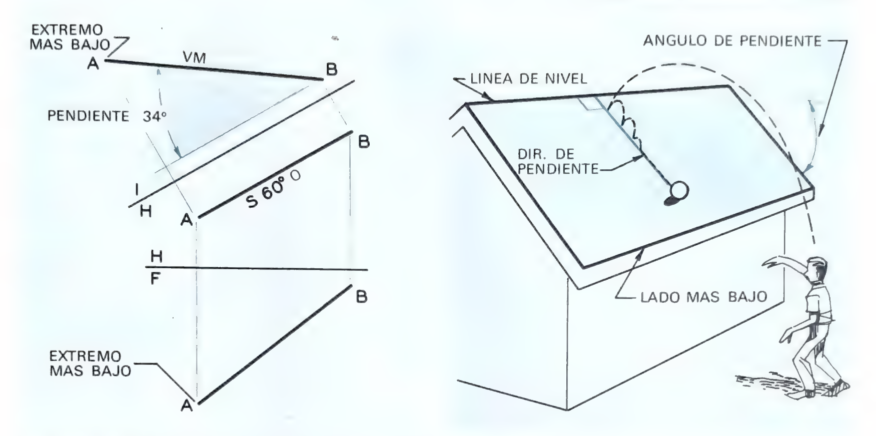


Fig. 8-40. Determinación del rumbo y pendiente de una recta por medio de una vista auxiliar.

Fig. 8-41. Pendiente y dirección de pendiente de un plano.

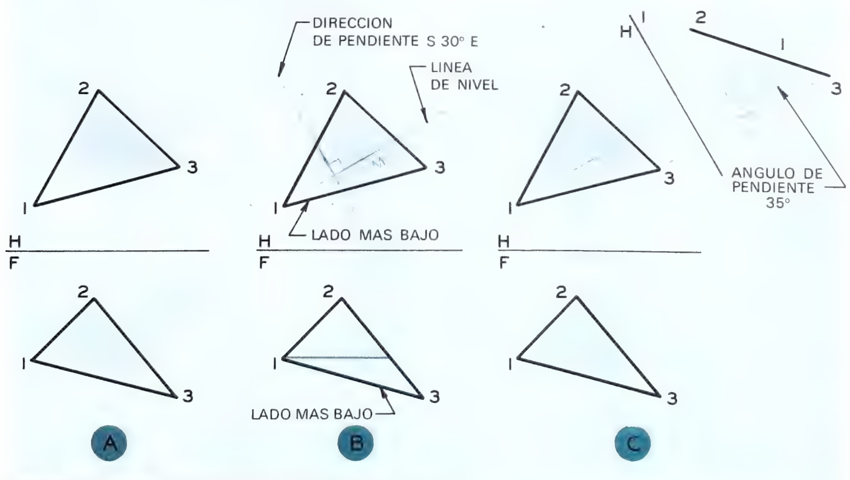


Fig. 8-42. Determinación de la pendiente y dirección de pendiente de un plano.



Fig. 8-43. Las pendientes de las superficies inclinadas de una presa se construyen a partir de especificaciones escritas. (Cortesía de Kaiser Engineers.)

de pendiente del plano oblicuo 1-2-3 dado en la parte A.

Parte B. Se traza una recta horizontal en la vista de frente del plano 1-2-3 y se proyecta a la vista de arriba, donde aparecerá como una línea de nivel en verdadera magnitud. La dirección de pendiente es el rumbo de una recta perpendicular a la línea de nivel de la vista de arriba. La cabeza de la flecha se coloca en el extremo más bajo, apuntando hacia la recta 1-3, indicando con esto la dirección de la pendiente hacia abajo.

Parte C. El ángulo de pendiente se encuentra midiendo en la vista auxiliar simple el ángulo entre la vista de filo del plano y el plano de referencia horizontal. Siguiendo las especificaciones, el plano 1-2-3 se puede localizar en el espacio como un plano que pasa por el punto 1 con una pendiente de 35° y una dirección de pendiente S 30° E. Esta información no es suficiente para determinar los límites del plano, pero establece un plano infinito del cual el plano 1-2-3 es una parte. La pendiente de la presa de la fig. 8-43 es un ejemplo de un plano que puede localizarse con palabras por medio de especificaciones escritas por el ingeniero.

8-18 RUMBO GEOLOGICO Y BUZAMIENTO DE UN PLANO

El *rumbo geológico* y el *buzamiento* son términos empleados en geología y minería para referirse a los estratos de mineral subterráneos. En estas aplicaciones, es importante localizar la orientación del estrato con palabras que son algo parecidas a los términos *pendiente* y *dirección de pendiente*.

Rumbo geológico. Rumbo geológico es el rumbo de una recta de nivel en la vista de arriba de un plano. Todas las líneas de nivel de un plano son paralelas y tienen el mismo rumbo.

Buzamiento. Buzamiento es el ángulo que forma la vista de filo de un plano con el plano horizontal, al cual se adjunta su dirección cardinal, tal como NO o SO. El ángulo de buzamiento se encuentra en una vista auxiliar simple proyectada a partir de la vista de arriba, y su dirección general se toma en la misma vista. La dirección del buzamiento se toma perpendicular a una recta de nivel de un plano en la vista de arriba hacia abajo y adentro.

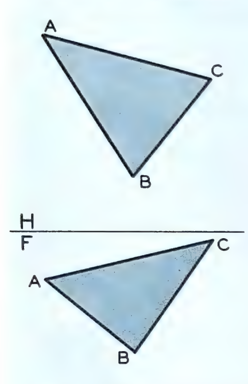
La fig. 8-44 muestra los pasos seguidos para averiguar el rumbo geológico y el buzamiento de un plano dado *ABC*.

8-19 DISTANCIAS DE UN PUNTO A UNA VETA DE MINERAL

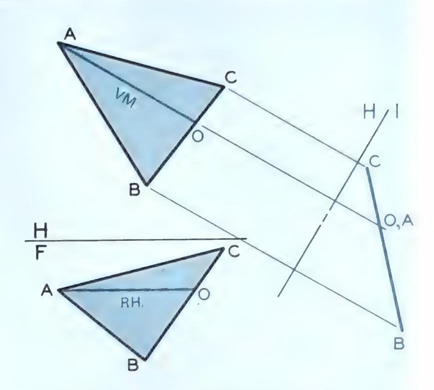
En la operación de minería ilustrada en la fig. 8-45 se está sacando mineral de una veta. Los principios de la geometría descriptiva se pueden emplear para encontrar la distancia más económica desde un punto sobre la tierra a una veta de mineral en explotación.

En la fig. 8-46 se localizan tres puntos sobre el plano superior del estrato subterráneo de mineral. El punto *O* es un punto de la superficie, a partir del cual se perforarán túneles hacia la veta para propósitos de extracción. El 4 es un punto localizado sobre el plano inferior

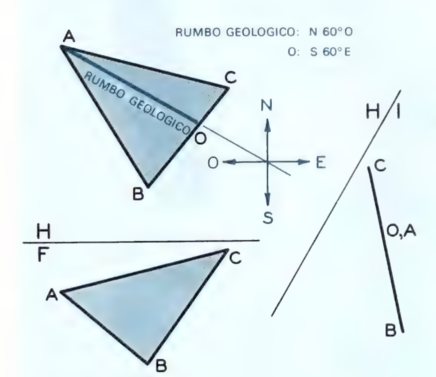
FIG. 8-44. RUMBO GEOLOGICO Y BUZAMIENTO DE UN PLANO



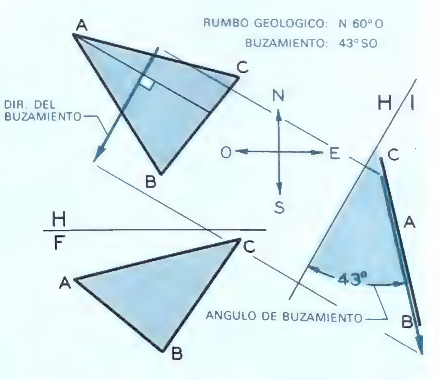
Dadas: Las vistas de frente y de arriba del plano *ABC*.
Se pide: Encontrar el rumbo geológico y el buzamiento del plano *ABC*.
Referencia: Sección 8-18.



Paso 1: Trace una recta horizontal, *AO*, en la vista de frente del plano *ABC*. Esta recta aparecerá en verdadera magnitud en la vista de arriba. Proyéctese el plano *ABC* de filo en la vista auxiliar en que *AO* aparezca de punta. Proyecte sólo a partir de la vista de arriba para que el plano horizontal aparezca de filo.



Paso 2: El rumbo geológico de un plano es el rumbo de una recta horizontal contenida en el plano. La recta *AO* da el rumbo geológico de *ABC*, puesto que es una recta horizontal. El rumbo de esta recta se mide en la vista de arriba y es N 60° o S 60° E. Esta recta no tiene pendiente; por tanto, cualquiera de los dos rumbos es correcto.



Paso 3: El buzamiento de un plano es su ángulo con el plano horizontal, al que se le adjunta la dirección cardinal. Este ángulo se puede medir en la vista auxiliar. El buzamiento de *ABC* es 43° SO. El rumbo geológico y el buzamiento determinan el plano.

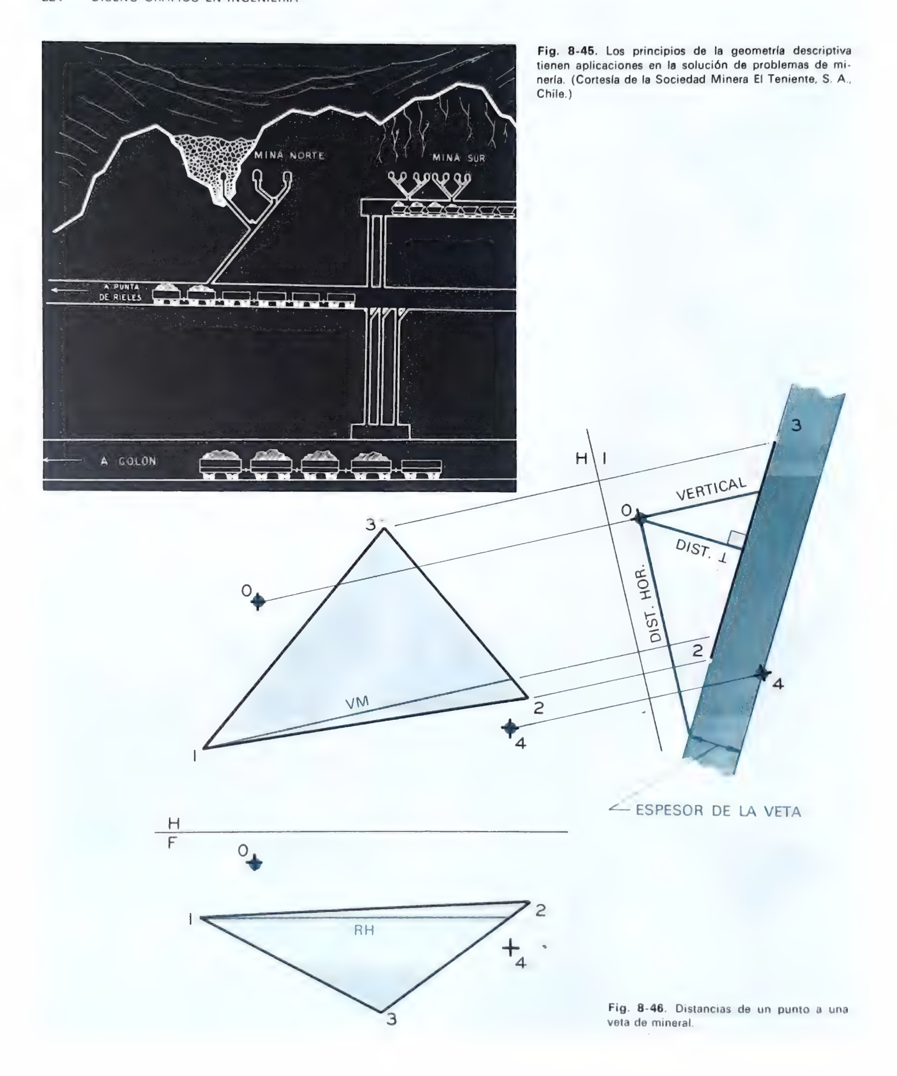


Fig. 8-45. Los principios de la geometría descriptiva tienen aplicaciones en la solución de problemas de minería. (Cortesía de la Sociedad Minera El Teniente, S. A., Chile.)

Fig. 8-46. Distancias de un punto a una veta de mineral.

del estrato. Es necesario determinar las longitudes de los siguientes túneles: (1) el más corto, (2) el vertical, (3) el horizontal más corto. La vista de filo de la veta se encuentra proyectando a partir de la vista de arriba. El plano inferior se traza por el punto 4, paralelo al plano superior. La distancia vertical es perpendicular al plano H-1 y el túnel horizontal es paralelo al mismo plano, mientras que el túnel más corto es perpendicular al plano del estrato. El espesor de la veta se puede medir aproximadamente en la vista auxiliar. El rumbo geológico y el buzamiento del plano se pueden hallar de acuerdo con los principios estudiados en la sección 8-18.

8-20 INTERSECCION ENTRE DOS PLANOS METODO DEL PLANO SECANTE

La intersección entre dos planos o estratos es importante para la explotación de minerales, que generalmente están contenidos en vetas que se aproximan a planos. Por ejemplo, si se localizara un estrato de arena impregnada de petróleo debajo de la superficie del mar, sería interesante encontrar la localización del estrato con respecto al fondo del mar si aquél se prolongara hasta que se intersecara con éste. Esta información podría influir en la localización de los sitios de exploración mar adentro, tales como los que se muestran en la figura 8-47.

Los planos 1-2-3 y 4-5-6 de la fig. 8-48 son segmentos de planos infinitos. Se necesita encontrar la línea de intersección entre ellos. Se trazan planos secantes que formen cualquier ángulo en cada vista y se proyectan a la adyacente. Los dos puntos en los cuales se cortan las líneas de intersección en la vista de arriba establecen en esta vista la dirección de la línea de intersección buscada. El rumbo de esta recta puede emplearse para indicar su orientación en el espacio. La vista de frente de esta línea de intersección se obtiene proyectando los puntos de la vista de arriba sobre su respectivo plano en la vista de frente.

8-21 INTERSECCION ENTRE VETAS DE MINERALES - METODO AUXILIAR

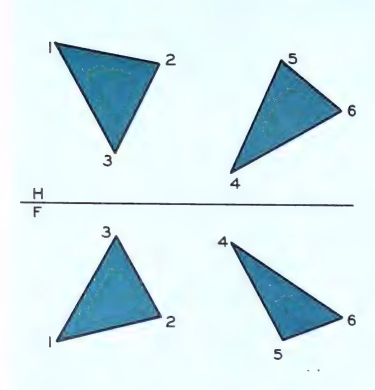
La fig. 8-49 da la localización de dos vetas a partir de la combinación de información escrita y representación gráfica. Se necesita localizar la línea de intersección, suponiendo que los dos planos se extienden hasta intersecarse.

En cada vista se dan el rumbo geológico y el buzamiento de los planos *A* y *B*. Puesto que las líneas del rumbo geológico son líneas de nivel en verdadera magnitud en la vista de arriba, la vista de filo de los planos se encontrará en la vista en que la línea del rumbo geológico aparezca de punta. Los planos pueden dibujarse empleando los ángulos de buzamiento dados en las especificaciones

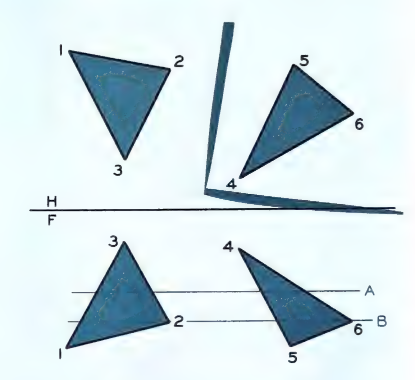


Fig. 8-47. La localización de los pozos petrolíferos en Maracaibo, Venezuela, puede depender de factores tales como los estratos de arena.

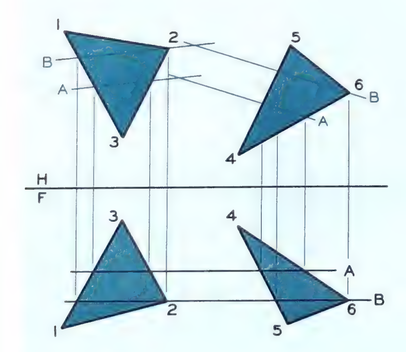
FIG. 8-48. INTERSECCION DE DOS PLANOS INFINITOS POR EL METODO DEL PLANO SECANTE



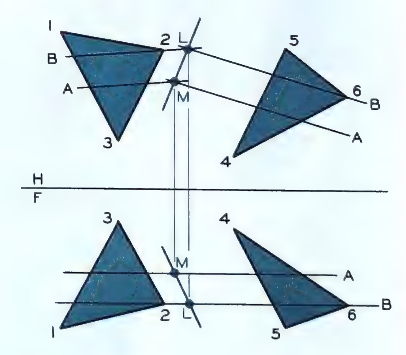
Dadas: Las vistas de arriba y de frente de los planos 1-2-3 y 4-5-6.
Se pide: Encontrar la línea de intersección entre estos planos por proyección, puesto que son de longitud infinita.
Referencia: Sección 8-20.



Paso 1: Trace dos planos secantes, *A* y *B*, en la vista de frente. En este caso, se construyen paralelos y horizontales únicamente por conveniencia. Podrían haberse trazado en cualquier dirección y divergentes.

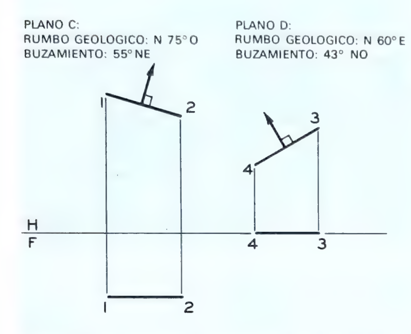


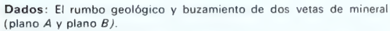
Paso 2: Las líneas de intersección entre los planos secantes y los planos dados se proyectan a la vista de arriba. Estas líneas se extienden hasta que corten sus respectivas proyecciones. Se debe tener cuidado de que las líneas determinadas por el plano secante *B* y por el plano secante *A*, respectivamente, se corten individualmente.



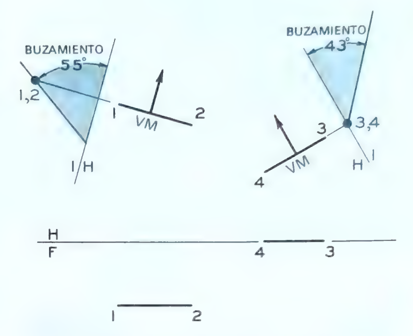
Paso 3: Los puntos *L* y *M* de la vista de arriba son los puntos en los cuales se intersecan las líneas contenidas en un plano horizontal común para formar una línea de intersección. El punto *L* se proyecta a la vista de frente sobre el plano *B* y el punto *M* sobre el plano *A*. La línea de intersección pedida es *LM*.

FIG. 8-49. INTERSECCION ENTRE VETAS DE MINERAL POR MEDIO DE LA VISTA AUXILIAR

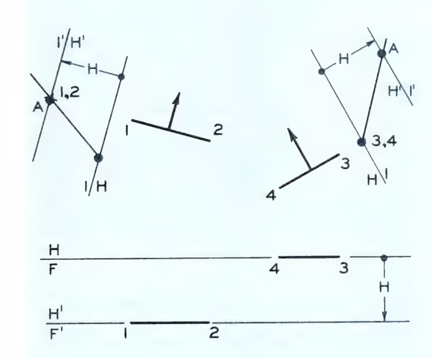




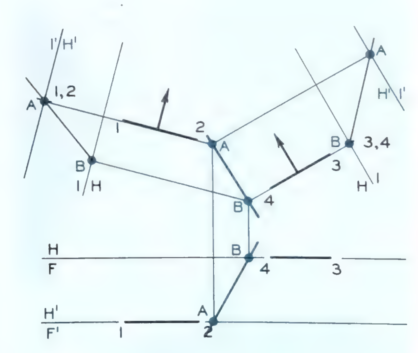
Dados: El rumbo geológico y buzamiento de dos vetas de mineral (plano *A* y plano *B)*.
Se pide: Encontrar la línea de intersección entre las vetas, suponiendo que son continuas.
Referencia: Sección 8-21.



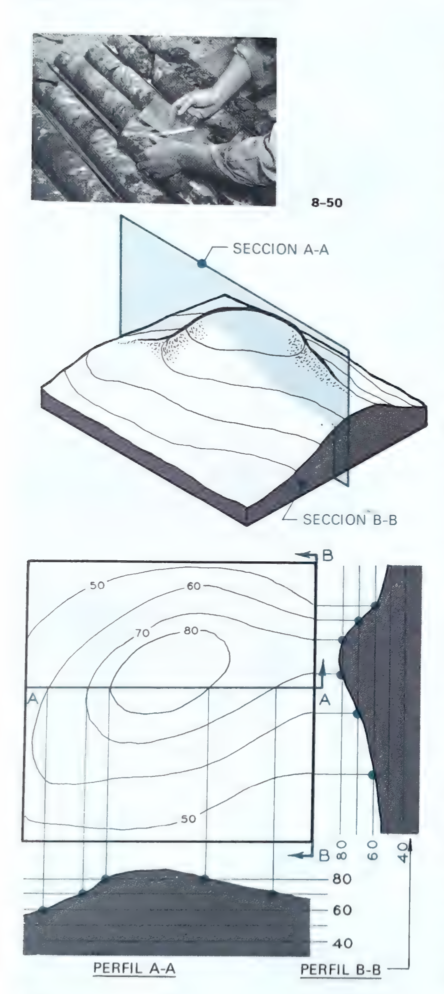
Paso 1: Las rectas 1-2 y 3-4 son líneas de rumbo geológico y aparecen en verdadera magnitud en la vista horizontal. La vista de punta de estas líneas se obtiene en una vista auxiliar, usando un plano de referencia común. La vista de filo de las vetas se construye trazando los ángulos de buzamiento con el plano *H*-1 en las vistas de punta. El lado más bajo es el lado hacia donde apunta la flecha del buzamiento.



Paso 2: Se construye en la vista de frente un segundo plano horizontal, *H'*-*F'*, localizado convenientemente. Este plano aparece en las dos vistas auxiliares a la distancia *H* del plano de referencia *H*-1. El plano *H'*-1 corta la vista de filo de cada veta en las vistas auxiliares.



Paso 3: Los puntos *A* obtenidos en cada vista auxiliar sobre el plano *H'*-1' se proyectan a la vista de arriba, donde se cortan en el punto *A*. Los puntos *B* sobre el plano *H*-1 se proyectan a la vista de arriba hasta que se corten en el punto *B*. Los puntos *A* y *B* se proyectan a la vista de frente sobre sus respectivos planos. La recta *AB* es la línea de intersección de las dos rectas.



escritas. Los planos horizontales de referencia, H-F y H'-F', se utilizan para localizar líneas sobre cada plano, las cuales se intersecarán cuando se proyecten a las vistas de arriba a partir de las vistas auxiliares. Los puntos *A* y *B* se unen para localizar la línea de intersección entre los dos puntos en la vista de arriba. Estos puntos se proyectan a la vista de frente para localizar la recta *AB*.

Las muestras cilíndricas tomadas en lugares adecuados son de gran ayuda para obtener información sobre la orientación de una veta subterránea (fig. 8-50). Esta información se emplea en la evaluación de los sitios probables para exploración adicional en el área inmediata.

8-22 MAPAS TOPOGRAFICOS Y PERFILES

Puesto que la superficie de la tierra rara vez es uniforme o nivelada, es necesario un sistema aceptable para representar irregularidades en un dibujo. Los mapas topográficos son un método ampliamente aceptado y utilizado por los ingenieros para representar formas y superficies irregulares de la tierra. En la fig. 8-51 se muestran la perspectiva y la vista de un mapa topográfico convencional. Antes de emprender el estudio de este tema, es necesario entender bien las siguientes definiciones.

Líneas de nivel. Son líneas que representan elevaciones constantes a partir de un plano horizontal de referencia común, tal como el nivel del mar. Las líneas de nivel pueden entenderse como las intersecciones de planos horizontales con la superficie de la tierra. Estos planos generalmente se toman igualmente espaciados en el sentido vertical. El intervalo de espaciamiento en la fig. 8-51 es de 10 metros.

Mapas topográficos. Un mapa topográfico muestra las irregularidades de la superficie de la tierra por medio de un conjunto de líneas de nivel, como en la fig. 8-51. En un mapa

Fig. 8-50. Las muestras cilíndricas son de gran utilidad para averiguar información sobre una veta mineral subterránea. (Cortesía de Humble Oil and Refining Company.)

Fig. 8-51. Mapa topográfico y perfiles.



Fig. 8-52. Las líneas de nivel se aplican tanto a productos de forma irregular como a la superficie de la tierra. (Cortesía de General Electric Corporation.)



Fig. 8-53. Los geólogos estudian la superficie de la tierra, observando dos fotografías diferentes para obtener una visión tridimensional del terreno. (Cortesía de Humble Oil and Refining Company.)

topográfico, las líneas de nivel no se pueden cortar. Mientras más cercanas sean estas líneas, más inclinado es el terreno.

Superficies alabeadas. Las líneas de nivel se emplean también para describir superficies irregulares diferentes de la superficie de la tierra. Algunos ejemplos son: formas aerodinámicas, fundiciones de forma irregular, carrocerías de automóvil e instrumentos de uso doméstico. La plancha de vapor de la fig. 8-52 se describió antes de fabricarla con un dibujo en curvas de nivel para representar su forma. Cuando esta técnica se aplica a objetos manufacturados se llama *levantamiento*. Para describir completamente la forma de un objeto totalmente irregular, como el casco de un barco, se utilizan líneas de nivel en las tres vistas.

Perfil. Un perfil es una sección vertical a través de la superficie de la tierra, la cual describe el contorno de la superficie en una localización determinada. En la fig. 8-51 aparecen dos perfiles. Cuando se utilizan en topografía, las secciones verticales se llaman perfiles, sin tener en cuenta en qué dirección se proyecta la vista. Las líneas de nivel aparecen en los perfiles como las vistas de filo de planos horizontales igualmente espaciados. Una verdadera representación de un perfil se traza de tal manera que la escala vertical es igual a la escala del mapa topográfico; sin embargo, esta escala puede ampliarse para poner más énfasis en los cambios de elevación que, de otra manera, no serían apreciables.

Los geólogos estudian las irregularidades de la superficie de la tierra por medio de un visor tridimensional o estereoscopio (figura 8-53). Cada una de las dos fotografías observadas a través del estereoscopio deben hacerse con cámaras separadas que se calibran para que encajen en los lentes del visor. Este análisis tridimensional, llamado fotogrametría, se puede emplear para estudiar el contorno de la superficie terrestre y determinar las líneas de nivel.

Una buena comprensión de estas definiciones y sus aplicaciones capacitan al ingeniero para resolver gran variedad de problemas relacionados con estructuras sobre la superficie de la tierra y con las formas irregulares de algunos productos manufacturados.

8-23 EXCAVACION Y RELLENO EN UNA CARRETERA NIVELADA

En una carretera nivelada, trazada sobre un terreno irregular tal como el que aparece en



Fig. 8-54. Esta carretera en la montaña se construyó excavando y rellenando volúmenes de terreno irregular. (Cortesía de Colorado Department of Highways.)

la fig 8-54, se debe excavar en varios sitios a través de colinas existentes; también deben suministrarse volúmenes de relleno para soportar la carretera en los puntos bajos. Esto es más económico en muchos casos si la cantidad de relleno es igual al volumen excavado, para que la tierra removida de la excavación pueda llevarse al área baja y utilizarse como relleno. Este problema se presta para solución gráfica, aplicando las vistas auxiliares simples.

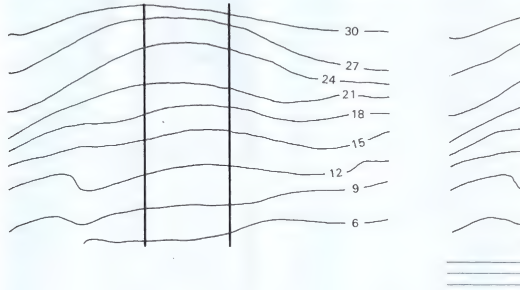
En la fig. 8-55 se muestran los pasos por seguir para resolver un problema de excavación y relleno. Se dan: el mapa topográfico, el trazado de la carretera a nivel que se desea construir y los ángulos de excavación y de relleno. Las líneas de nivel localizadas en la vista de frente del paso 1 están espaciadas 3 m, en la misma escala en que está dibujado el mapa topográfico. El perfil de las líneas de nivel muestra las mismas líneas dadas en la vista de arriba, entre elevaciones de 6 m a 30 m. La carretera aparecerá de filo en la vista de frente sobre la línea de nivel 19 m, el nivel dado de la carretera.

El ángulo de excavación se traza dirigido hacia las mayores elevaciones, midiéndolo respecto al plano horizontal a cada lado de la carretera. El ángulo de relleno se traza dirigido hacia las menores elevaciones. Las vistas de arriba de estos planos se encuentran en los pasos 2 y 3, proyectando puntos contenidos en los planos de excavación y relleno y localizándolos sobre las líneas de elevación de la vista de frente y proyectándolos a las respectivas líneas de nivel en la vista de arriba. Estos puntos se unen en serie entre cada par sucesivo de líneas de nivel. La línea resultante representa la línea de intersección entre los planos de excavación y relleno y la superficie de la tierra.

El volumen de tierra comprendido en cada área puede aproximarse, pasando en la vista de arriba una serie de planos secantes verticales para determinar varios perfiles a partir de los cuales se proyectarán a la vista de frente los planos de excavación y relleno. Las áreas de excavación y relleno pueden promediarse en estas vistas y multiplicarse por la distancia lineal de la vista de arriba para obtener el volumen de excavación y relleno. Este principio se ilustrará en la sección 8-24, donde se analizará una carretera inclinada.

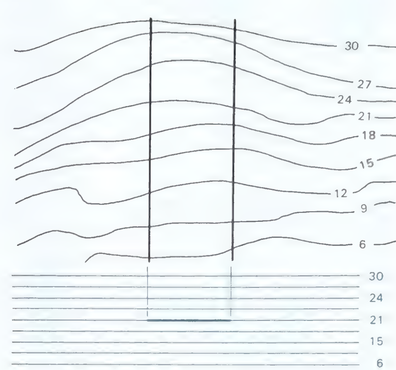
Las áreas de excavación y relleno averiguadas en la vista de arriba deben rayarse o sombrearse de alguna manera para mostrar la solución. El rayado o sombreado empleado para indicar la excavación debe ser diferente del utilizado para indicar el área de relleno;

FIG. 8-55. EXCAVACÍON Y RELLENO DE UNA CARRETERA A NIVEL

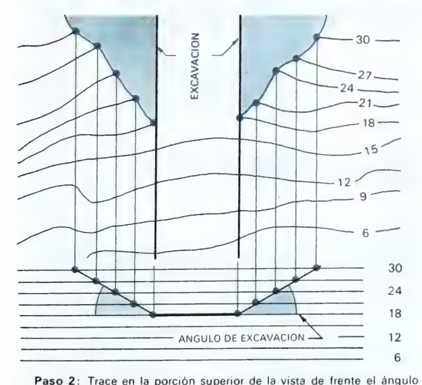




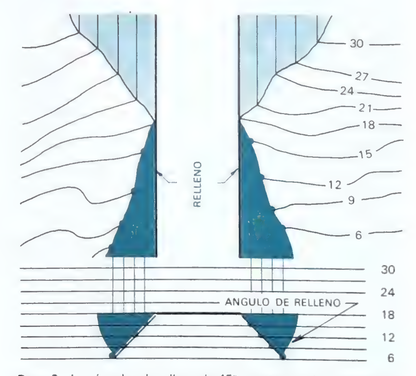
Dadas: El mapa topográfico con una carretera a nivel localizada a 18 m de elevación.
Se pide: Encontrar la vista de arriba, sabiendo que la carretera tiene un ángulo de relleno de 45° y un ángulo de excavación de 30°.
Referencia: Sección 8-23.



Paso 1: En la vista de frente trace una serie de planos de elevación a la misma escala del mapa topográfico. Estos planos de elevación están en el mismo rango de las lineas de nivel 6 m a 30 m. Sitúe en la vista de frente la vista de filo de la carretera, sobre la línea de elevación 18 m.



Paso 2: Trace en la porción superior de la vista de frente el ángulo de excavación de 30° con la horizontal, a un lado y otro de la carretera. Proyecte a sus respectivas líneas de nivel de la vista de arriba los puntos en los cuales los planos de excavación se intersecan con los planos de elevación. *(Ejemplo* los puntos sobre la linea de elevación 30 m en la vista de frente se proyectan a las lineas de nivel 30 m en la vista de arriba.) Una sucesivamente estos puntos para encontrar el área de excavación.



Paso 3: Los ángulos de relleno de 45° se trazan en la porción inferior de la vista de frente a un lado y otro de la carretera. Los puntos sobre el plano de relleno se proyectan a la vista de arriba de la manera en que se hizo con los planos de excavación El área de relleno se encuentra uniendo estos puntos. Obsérvese que las lineas de nivel aparecen rectas en las áreas de excavación y relleno para indicar la nueva configuración del terreno después de la construcción de la carretera.

cada símbolo debe identificarse en el dibujo. El rayado o sombreado utilizado en un plano de ingeniería debe ser pulcramente presentado, de manera que sea lo más atractivo posible y haga que el plano sea más asimilable. Se deben emplear notas y letreros suficientes para explicar completamente la construcción y la solución, de tal manera que el plano se pueda interpretar más tarde.

8-24 EXCAVACION Y RELLENO DE UNA CARRETERA INCLINADA

Una carretera no siempre es a nivel; en muchos casos, será construida sobre una pendiente y a través de un terreno irregular. El problema de la fig. 8-56 es un ejemplo de una carretera que necesita excavación y relleno durante su construcción. En los siguientes pasos se explica cómo se encuentra la vista completa del mapa topográfico y cómo se puede hacer un cálculo de la zona que debe excavarse y la de relleno.

Paso 1. Se toma un perfil G-G por el centro de la carretera para mostrar su verdadera magnitud y pendiente, lo mismo que sus relaciones con el terreno. La carretera se construirá a través de un punto dado, con la pendiente indicada en esta vista. En el perfil G-G se puede ver que una porción de la carretera queda por debajo del terreno; es necesario, por tanto, hacer una excavación para trazar la carretera con la pendiente deseada. Cuando el nivel de la carretera está por encima de la superficie de la tierra, es necesario rellenar.

Paso 2. La vista de arriba de las áreas de excavación y relleno se pueden aproximar, construyendo una serie de secciones verticales en la vista en planta (vista de arriba del terreno). Estos planos secantes, A-A, B-B, C-C, D-D y E-E, se trazan perpendicularmente a la línea del centro de la carretera. Las secciones cortadas por estos planos, aparecen como perfiles en la vista de frente.

Paso 3. Cada una de las secciones producidas por los planos secantes se traza como un perfil en la vista de frente, trazando en estas vistas planos horizontales de elevación

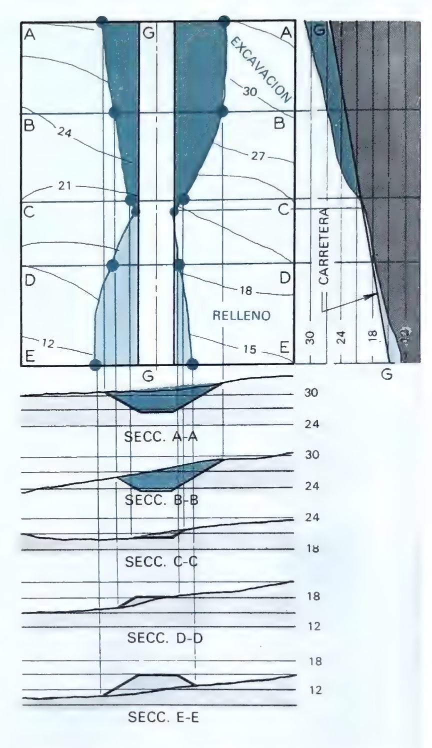


Fig. 8-56. Determinación de la excavación y relleno de una carretera inclinada.

que correspondan a las líneas de nivel del mapa topográfico. Los planos de elevación aparecen en estas secciones como planos horizontales de elevación, y los ángulos de excavación y relleno aparecen en verdadera magnitud en la correspondiente localización del plano secante.

Paso 4. Cada uno de los perfiles correspondientes a los planos secantes se encuentra

8-57

8-58



proyectando a la sección en perfil la intersección del plano secante con cada línea de nivel de la vista de arriba. Por ejemplo, la sección B-B se traza proyectando al perfil los puntos sobre las líneas de elevación 24 m, 27 m, y 30 m para encontrar la forma de la superficie del terreno. La elevación de la carretera en esta sección se puede encontrar en el perfil, llevando al perfil B-B la elevación encontrada en el perfil G-G. Los ángulos de excavación y relleno se trazan en cada sección en perfil, midiéndolos con respecto al plano horizontal.

Paso 5. La vista de arriba de las áreas de excavación y relleno se encuentra proyectando a la vista de arriba del plano secante utilizado para encontrar el perfil los puntos en que el respectivo plano secante interseca la superficie del terreno en cada perfil. Uniendo estos puntos, se establecen los límites de la excavación y el relleno, como se muestra en el mapa.

El espaciamiento de los planos secantes en la vista de arriba debe ser determinado a juicio del diseñador y está basado en las características del terreno. Mientras más cercanas sean las secciones, más exactas serán las construcciones posteriores y estimaciones de los volúmenes de excavación y relleno. Obsérvese que el volumen de excavación puede determinarse fácilmente promediando las áreas de excavación de los perfiles C-C, D-D y E-E y multiplicando el área promedio por la longitud de la carretera desde la sección C-C a la sección E-E en la vista de arriba.

Un ejemplo de solución gráfica por computadora de este tipo de problemas se muestra en la fig. 8-57. A partir de datos tomados de ella se plantean una serie de secciones transversales que indican excavaciones y rellenos. Estas secciones fueron alimentadas a un sistema parecido al de la fig. 8-58. Es necesario entender los conocimientos básicos del proceso gráfico para poder interpretar los planos o programarlos.

Fig. 8-57. Una computadora graficó las áreas de excavación y relleno. (Cortesía de EAI.)

Fig. 8-58. Los datos obtenidos en el terreno deben pasarse a lenguaje de computadora antes de graficarlos. (Cortesía de IBM.)

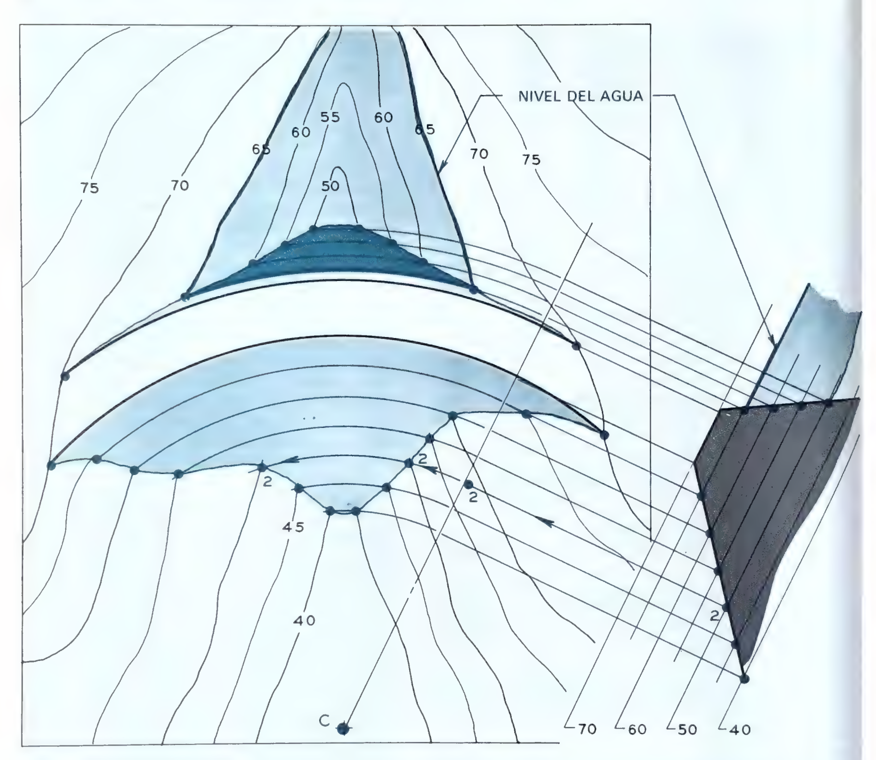


Fig. 8-59. Diseño gráfico de una represa.

8-25 DISEÑO GRAFICO DE UNA REPRESA

En el mapa topográfico de la fig. 8-59 se localiza una represa. Se dan los ángulos a cada lado de la misma y la curvatura respecto al punto C. La parte superior de la represa debe nivelarse para permitir el trazado de una carretera en esta superficie. Se dibuja la vista de arriba de la represa y se indica el nivel del agua en esta vista.

Paso 1. La vista de arriba de la represa se construye utilizando el radio de curvatura dado y trazando arcos concéntricos con centro en C.

Paso 2. En una dirección conveniente se traza una línea radial que servirá como vista de arriba de una sección vertical que se empleará para averiguar la sección transversal de la represa, como se muestra. La cumbre

de la represa se localiza al nivel especificado de 70 m y se trazan, a la misma escala del plano topográfico, planos horizontales paralelos igualmente espaciados en esta vista, como se muestra en la figura. La pendiente de la represa se traza a cada lado para completar las especificaciones.

Paso 3. En la vista de perfil se localizan los puntos en que cada plano de elevación interseca los lados inclinados de la represa. Estos puntos se proyectan a la línea verdadera trazada por el punto C en la vista de arriba. Por ejemplo, el punto 2 está sobre el plano de elevación 50 m y se proyecta a la línea radial de la vista de arriba y se rota, empleando como radio la línea C-2, hasta que interseca la línea de nivel 50 m en dos puntos. Estos puntos representan los puntos en los cuales los lados inclinados de la represa intersecan la superficie del terreno.

Paso 4. Si el nivel del agua embalsada por la represa se encuentra 5 m por debajo de la cumbre, o sea a una elevación de 65 m, el área del agua se puede hallar en la vista de arriba utilizando la línea de nivel 65 m como límite.

El volumen de agua se puede aproximar como sigue: se construye en la vista de arriba una serie de secciones verticales a través del agua y se determina el área promedio para todas las secciones. Se multiplica esta área por la longitud del agua desde la presa hasta su punto más lejano. Este método es muy parecido al sugerido en la sección anterior para estimar los volúmenes de excavación y relleno.

Una aplicación de tales principios puede relacionarse fácilmente con la presa de Chivor, cuya construcción adelanta actualmente Interconexión Eléctrica, S. A., en Colombia. El proyecto está localizado sobre el río Batá y su propósito es regular las aguas del río para la generación de energía eléctrica.

Para su construcción se emplearán 11.150.000 m³ de material, de los cuales

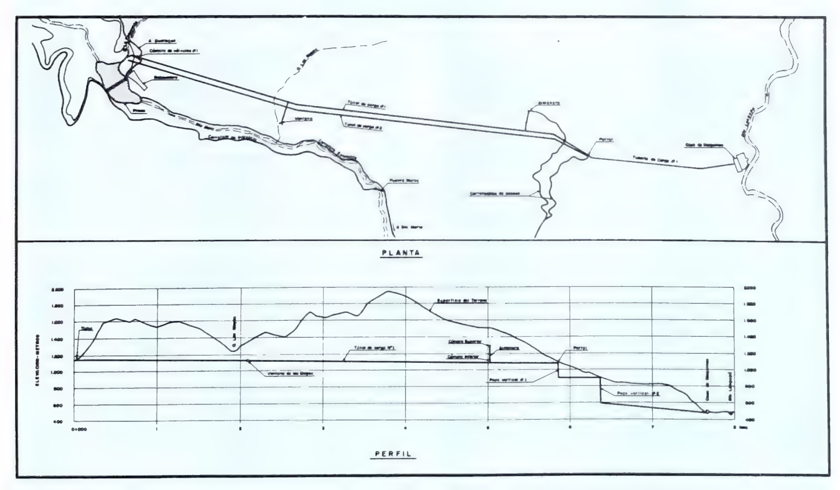


Fig. 8-60. Planta y perfil generales de la represa de Chivor, Colombia. (Cortesía de Interconexión, S. A., Bogotá, Colombia.)

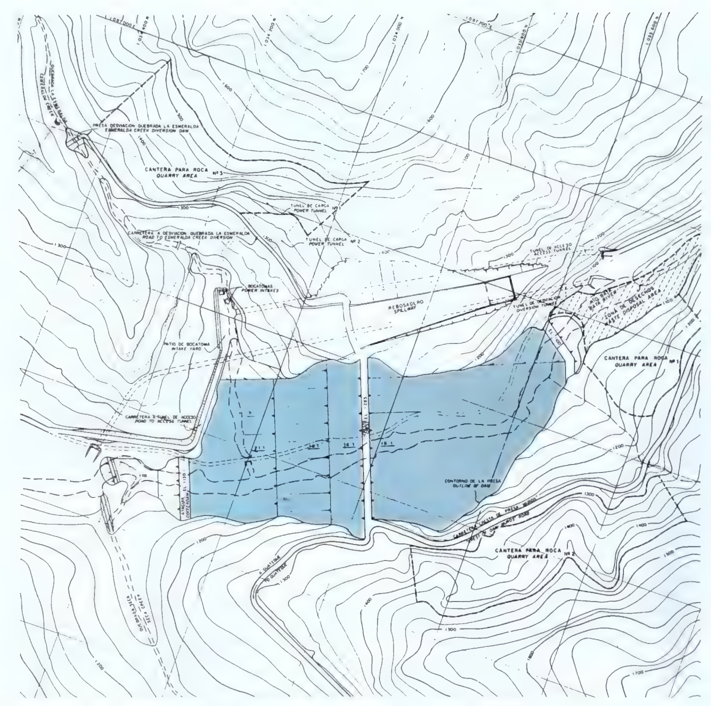


Fig. 8-61. Represa de Chivor, detalle de la planta. (Cortesia de Interconexión, S. A., Bogotá, Colombia.)

1.100.000 serán arcilla para el núcleo y los restantes materiales pétreos de diferentes tamaños y gradaciones colocados en varias zonas. La altura total de la presa será de 233 metros; esto hace que la presa sea una de las más altas del mundo y la más alta de América Latina. La presa, cuya base tiene una longitud de 820 metros a lo largo del eje del río, tendrá una cresta de 12 metros de anchura y 303 de longitud. El embalse formado cubrirá un área de 1.260 hectáreas, con un volumen de 815 millones de m^3. Para la generación de 1.000 MW, las aguas serán conducidas por un túnel de 5.825 m de longitud y una tubería de carga de 2.238 m de longitud para aprovechar una cabeza neta promedio de 756 m.

La fig. 8-60 muestra la planta y el perfil del proyecto, mientras que la sección ilustrada en la fig. 8-62 muestra los detalles de la presa. Nótese que, a medida que la profundidad aumenta, la presa es progresivamente más gruesa. Este espesor es necesario para soportar el incremento de presión a mayores profundidades.

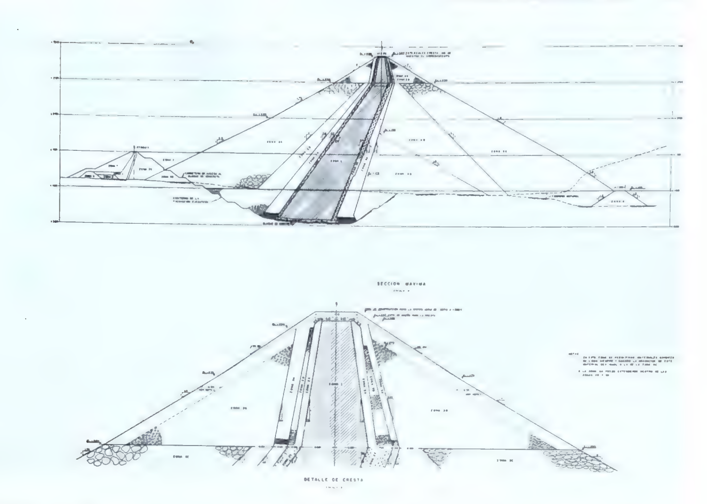


Fig. 8-62. Represa de Chivor, detalle de la sección

8-26 AFLORAMIENTO DE VETAS DE MINERAL

Los estratos de mineral o formaciones rocosas se aproximan generalmente a planos de un espesor casi uniforme. Esta suposición se emplea para analizar datos conocidos referentes a la orientación de vetas subterráneas y que son, por tanto, difíciles de estudiar. Una veta puede estar inclinada con respecto a la superficie del terreno y en algunos casos puede aflorar. Los afloramientos pueden permitir operaciones de extracción directamente en la superficie al costo mínimo (fig. 8-64). Si una veta interseca la superficie de la tierra, la localización teórica del afloramiento servirá como sitio de posterior exploración. La figura 8-65 es un ejemplo de un problema en el cual se analiza gráficamente una veta inclinada para encontrar su área de afloramiento, suponiendo que el plano se extiende hasta la superficie de la tierra. En el mapa topográfico se muestra la localización de las perforaciones de prueba *A*, *B* y *C* y sus elevaciones se plantean en la vista de frente sobre la superficie del plano superior de la veta. *D* es un punto



Fig. 8-63. La fotografía ilustra los trabajos de excavación y comienzos de la construcción de la represa de Chivor. (Cortesía, con la anterior, de Interconexión, S. A., Bogotá, Colombia.)



Fig. 8-64. Las minas abiertas se localizan en los sitios donde las vetas afloran a la superficie, como en las minas de mineral de hierro de Cerro Bolivar, Venezuela. (Cortesia de la Corporación Venezolana de Guayana.)

sobre el plano inferior del estrato. En el paso 1 se encuentra la vista de filo del plano *ABC* por medio de una vista auxiliar, en la cual los planos de elevación se utilizan como planos de referencia. El plano inferior de la veta se traza paralelo al plano superior por el punto *D* para indicar el espesor de la veta. En el paso 2, los puntos de intersección de la vista de filo del plano superior con los planos de nivel se proyectan sobre las respectivas curvas de nivel en el mapa topográfico. Estos puntos se unen secuencialmente sobre las líneas de nivel para obtener la línea de intersección entre el plano superior de la veta y la superficie de la tierra. En el paso 3, el plano inferior se proyecta de la misma manera a la vista de arriba para averiguar su línea de afloramiento. El espacio entre estas líneas se raya para indicar el área en la cual el plano podría aflorar a la superficie de la tierra, suponiendo que la veta sea continua en esta dirección.

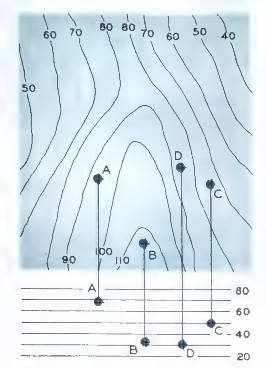
8-27 RESUMEN

Las vistas auxiliares simples, proyectadas a partir de una de las vistas principales, tienen muchas aplicaciones similares a las estudiadas en este capítulo. Prácticamente, todos los problemas de ingeniería constan de puntos, líneas y planos que representan muchos componentes de un proyecto o diseño. En este capítulo se ha visto sólo una porción de las muchas aplicaciones de estos principios.

La comprensión de la construcción de vistas auxiliares de puntos, líneas y planos capacitará al diseñador para resolver gráficamente muchos problemas prácticos, en el caso de que las soluciones analíticas no sean prácticas. Algunas otras aplicaciones de las vistas auxiliares simples serán obvias, una vez que los principios se hayan entendido perfectamente.

A través de este capítulo, se ha puesto gran énfasis en los conceptos y principios teóricos, como se hace en muchos capítulos de este

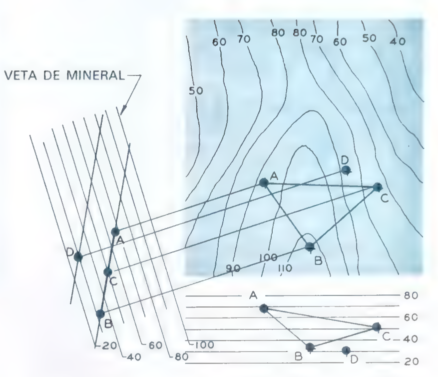
FIG. 8-65. AFLORAMIENTO DE UNA VETA



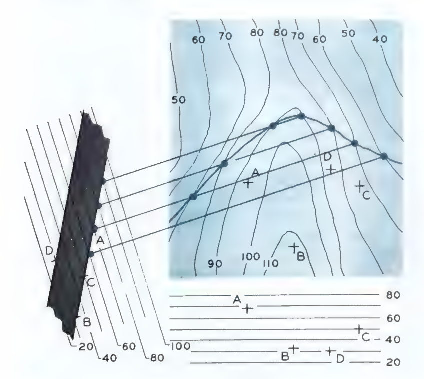
Dadas: Las dos vistas de los puntos *ABC* situados en el plano superior de un estrato y el punto *D* en el plano inferior del mismo. La vista de arriba es un plano topográfico y la vista de frente es un conjunto de planos de elevación.

Se pide: Encontrar el área de afloramiento de la veta, suponiendo que es continua.

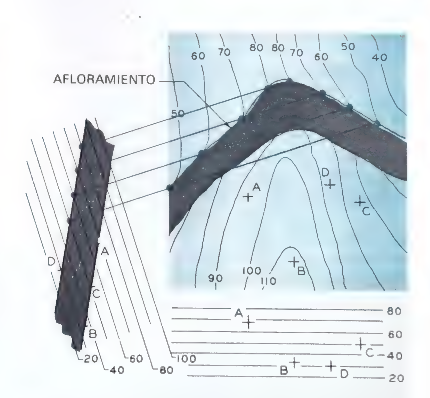
Referencia: Sección 8-26.



Paso 1: Una los puntos *ABC* para formar un plano en cada vista. Encuentre la vista de filo de este plano proyectado a partir de la vista de arriba. Localice el punto *D* en la vista auxiliar. Construya en la vista auxiliar el plano inferior de la veta, paralelo al plano superior de la misma y en la misma posición de la vista de frente.



Paso 2: Los puntos en que el plano superior de la veta corta las líneas de elevación en la vista auxiliar se proyectan a la vista de arriba a sus respectivas curvas de nivel. Por ejemplo, el punto del plano superior que se corta con la línea de elevación 90 m se proyecta a la línea de nivel 90 m de la vista de arriba. En esta vista una todos los puntos localizados sobre las líneas de nivel.



Paso 3: Proyecte a la vista de arriba los puntos en que el plano inferior corta las líneas de elevación de la misma manera que se hizo para el plano superior. Una estos puntos con una recta. El área de la vista de arriba comprendida entre las dos líneas es el área en la cual afloraría el estrato si fuera continuo.

libro. Sin embargo, debe considerarse cuidadosamente la presentación de todos los planos para mayor claridad: los planos deben comunicar claramente ideas y especificaciones. Un plano presentado con un mínimo de notas y explicaciones puede resultar costoso si no da información suficiente. El diseñador no estará en condiciones de interpretar sus dibujos después de unos días, a no ser que anote cada paso de su solución tan claramente como le sea posible. La solución de un problema por el método gráfico correcto es insuficiente si los resultados, medidas, ángulos y otras averiguaciones no se presentan en una forma fácil de entender. Los estudiantes pueden probar la importancia de esto si tratan de interpretar un problema nuevo que haya sido resuelto por un condiscípulo.

PROBLEMAS

Generalidades. Los problemas de este capítulo deben hacerse y resolverse en hojas de papel cuadriculado de 21 × 28 cm, de acuerdo con las figuras que los acompañan y el empleo de instrumentos de dibujo. Cada cuadrícula representa 5 mm. Los planos de referencia y todos los puntos deben marcarse empleando guías y letras de 3 mm.

1. (A hasta D) Encuentre la vista que dé el tamaño verdadero de los planos inclinados de la fig. 8-66. Marque todos los puntos y la construcción.

2. (A) Encuentre las vistas auxiliares del punto 2, en el sentido indicado por las líneas de vistas de la fig. 8-67A. Marque toda la

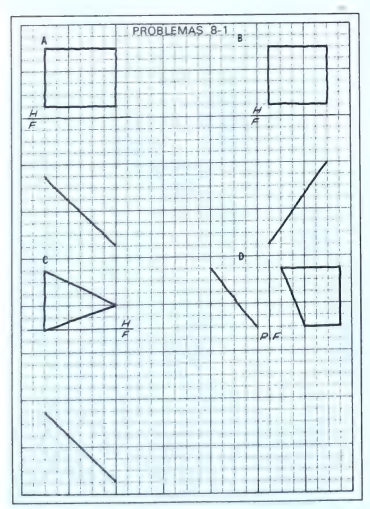


Fig. 8-66. Vista de filo de planos inclinados.

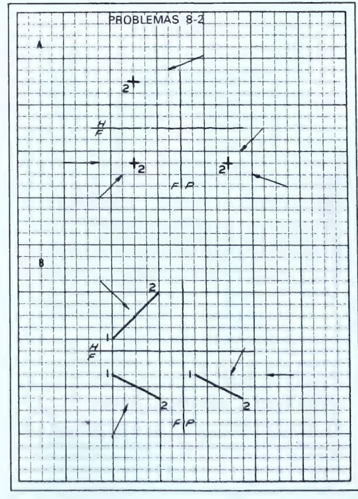


Fig. 8-67. Vistas auxiliares simples de un punto y una recta.

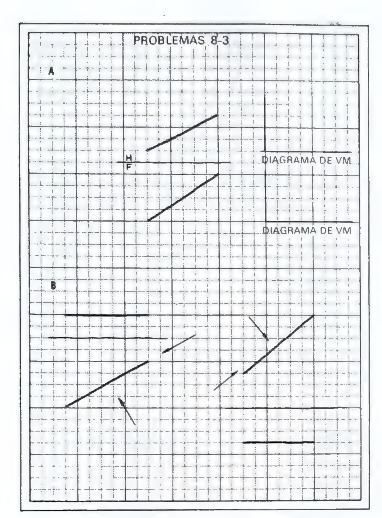


Fig. 8-68. Verdadera magnitud de una recta por los métodos de la vista auxiliar y el diagrama de verdaderas magnitudes.

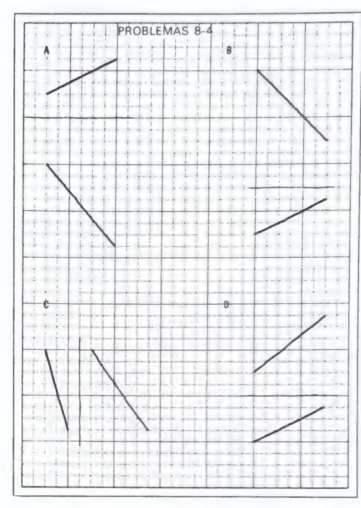


Fig. 8-69. Angulo entre una recta y los planos principales

construcción. (B) Encontrar las vistas auxiliares de las rectas 1-2 en el sentido indicado por las líneas de vista de la fig. 8-67B.

3. (A) En la fig. 8-68A encontrar la verdadera magnitud de la recta, proyectando vistas auxiliares a partir de las vistas de frente y arriba, y por medio de diagramas de verdaderas magnitudes construidas a partir de las vistas de frente y arriba. (B) Hallar las vistas auxiliares de las rectas de la parte B de la figura, en el sentido indicado por las líneas de vista.

4. Emplee la fig. 8-69 para todas las partes de este problema. (A) Encuentre el ángulo que forma la recta con el plano horizontal. (B) Encuentre el ángulo que forma la recta con el plano frontal de referencia. (C) Encuentre el ángulo entre la recta y el plano de referencia de perfil. (D) Encuentre la pendiente de la recta dada en las vistas de frente y arriba.

5. (A y B) Encuentre las vistas de filo de los dos planos de la fig. 8-70.

6. Emplee la fig. 8-71 para todas las partes de este problema. (A) Encuentre el ángulo entre los dos planos que se cortan. (B) Encuentre el punto de intersección y determine la visibilidad del plano y la recta por el método del plano secante. (C) Encuentre el punto de intersección y determine la visibilidad del plano y de la recta por el métdo de la vista auxiliar.

7. (A) Construya una recta de 10 mm de longitud en la parte superior del plano y a partir del punto *O* contenido en éste. Emplee la fig. 8-72 (B) Trace una recta que, pasando por el punto *C*, sea perpendicular al plano de la parte B de la figura.

8. (A) Encuentre la recta de intersección y determine la visibilidad de los dos planos

PROBLEMAS 8-5

A

H
F

B

H
F

8-70

PROBLEMAS 8-6

A

B

C

8-71

de la fig. 8-73A, empleando el método del plano secante. (B) Encuentre la recta de intersección y determine la visibilidad de los dos planos de la parte B de la figura, empleando el método de la vista auxiliar.

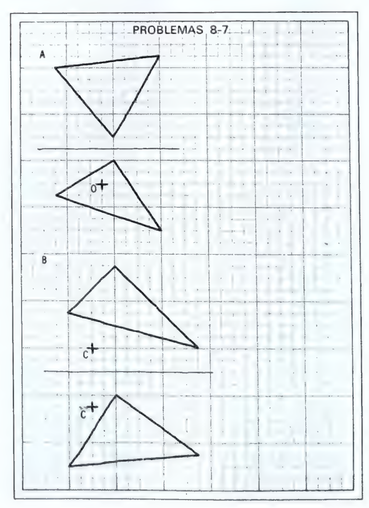
9. Emplee la fig. 8-74 para todas las partes de este problema. (A y B) Encuentre la pendiente y dirección de pendiente para cada uno de los planos. Indique todas las medidas hechas. (C y D) Encuentre el rumbo geológico y el buzamiento de cada uno de los planos de las partes A y B; trabaje en hojas de papel separadas.

10. El plano dado representa puntos situados en el plano superior de un estrato subterráneo. 2 es un punto de la superficie; el 1 es un punto del plano inferior del estrato. Encuentre

Fig. 8-70. Vista de filo de planos.

Fig. 8-71. Angulo entre planos e intersección de una recta y un plano.

Fig. 8-72. Recta perpendicular a un plano



8-72

la distancia mínima, la distancia horizontal mínima y la distancia vertical mínima del punto 2 al plano. ¿Cuál es el espesor del estrato? Emplee la fig. 8-75.

11. En la fig. 8-76A encuentre la recta de intersección entre los dos planos, empleando el método de los planos secantes y suponiendo que los planos dados son infinitos. En la parte B de la figura se dan dos líneas de rumbo geológico (1-2 y 3-4). El plano de rumbo geológico 1-2 tiene un buzamiento de 30° noreste y el plano de rumbo geológico 3-4 tiene un buzamiento de 45° al noroeste. Encuentre en ambas vistas la recta de intersección entre los dos planos.

12. (A) En la fig. 8-77 el nivel de la carretera tiene una elevación de 30 m. Encuentre la

Fig. 8-73. Intersección de planos por los métodos del plano secante y la vista auxiliar.

Fig. 8-74. Pendiente, rumbo geológico y buzamiento de un plano.

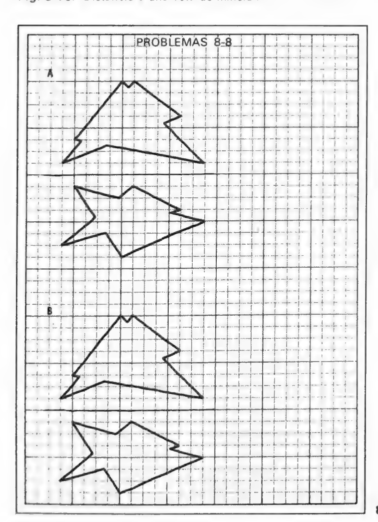
Fig. 8-75. Distancia a una veta de mineral.

PROBLEMAS 8-9

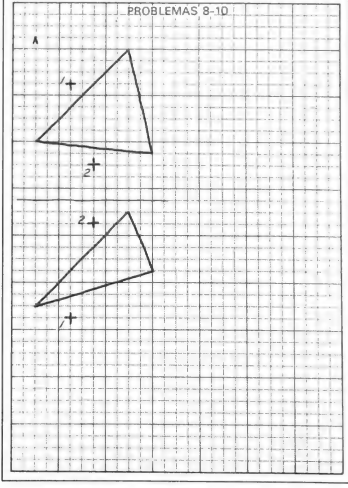
A

B

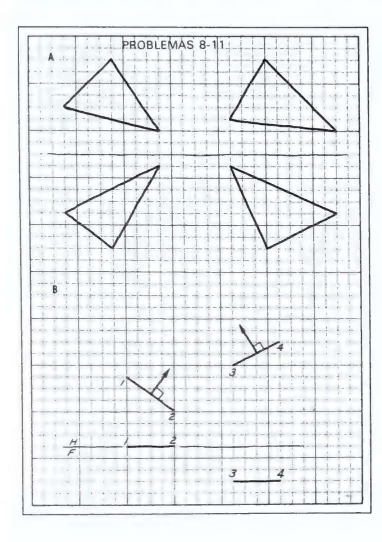
8-74



8-73



8-75



excavación y el relleno, sabiendo que el ángulo de excavación es de 30° con la horizontal y el ángulo de relleno es de 35° con la horizontal. Marque toda la construcción. (B) Suponga que la carretera tiene un grado de pendiente del 10 por ciento, con su extremo más bajo localizado en la parte inferior del papel. Averigüe las áreas de excavación y relleno para esta situación utilizando los mismos ángulos del problema anterior. Estime la cantidad de tierra que se debe excavar y rellenar.

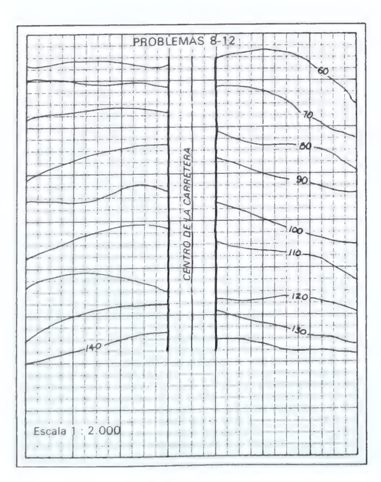
13. El plano de la fig. 8-78 representa las dos vistas del plano superior de un estrato subterráneo. El punto A pertenece al plano inferior del estrato. Encuentre el área de floración en la cual el estrato interseca la superficie de la tierra en la vista de arriba. Escala 1 :2000.

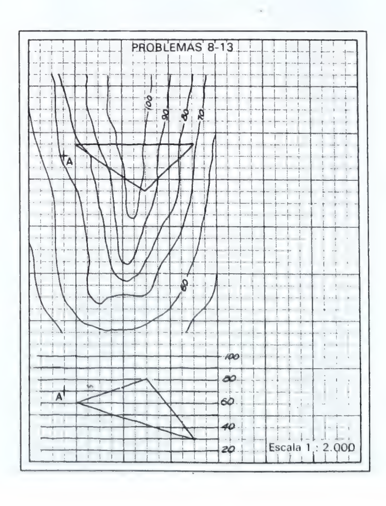


Fig. 8-76. Intersecciones entre planos.

Fig. 8-77. Excavación y relleno de una carretera a nivel.

Fig. 8-78. Afloramiento de una veta.





9
VISTAS AUXILIARES MULTIPLES



9-1 INTRODUCCION

Un gran número de problemas industriales no se puede resolver con vistas auxiliares simples, sino que requieren proyecciones auxiliares múltiples de las cuales se puede obtener la información deseada. Al diseñador le atañe gran cantidad de la información reseñada en el capítulo 8; es decir, dimensiones físicas y formas. Por ejemplo, un requisito común de un diseño que contiene planos irregulares que se cortan es el de su verdadero tamaño y forma (fig. 9-1). No se puede detallar un diseño con todas las especificaciones necesarias para su fabricación, a menos que se hayan determinado todos los detalles de construcción; estos detalles comprenden forma verdadera de planos, ángulos entre planos, distancias de puntos a rectas y ángulos entre rectas y planos. El bastidor de un camión de 65 toneladas (fig. 9-2) es un ejemplo característico de proyectos que requieren la solución de numerosos problemas de geometría descriptiva. Antes de su fabricación se elaboraron los dibujos y especificaciones que describían totalmente cada componente de este sistema, mediante la aplicación de principios gráficos. Observando los problemas tratados en este



Fig. 9-1. La cantidad de facetas del domo del pabellón de los EE.UU. en la Expo 67 son un ejemplo de interrelaciones entre líneas, puntos y planos que necesitan análisis espacial. (Cortesía de Rohm and Haas Company.)

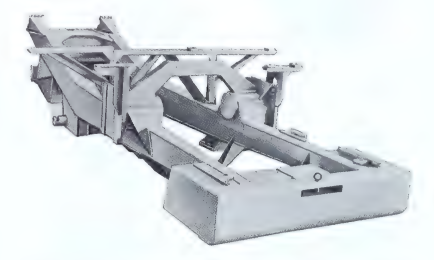
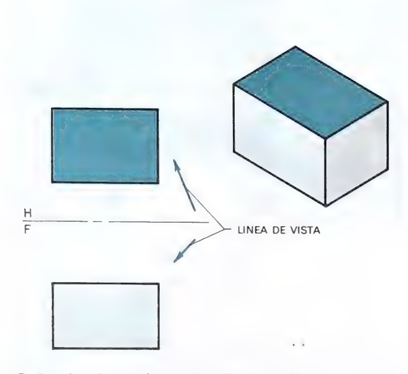
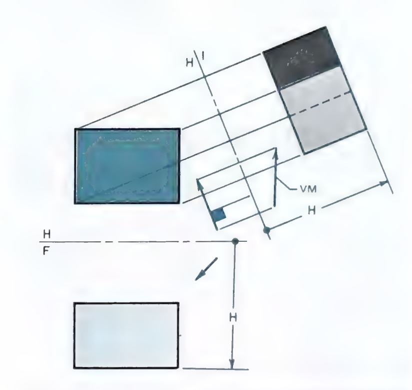


Fig. 9-2. Esta estructura para un camión Haulpak de 65 toneladas muestra gran cantidad de problemas de diseño que exigen la aplicación de la geometría descriptiva. (Cortesía de LeTourneau-Westinghouse Company.)

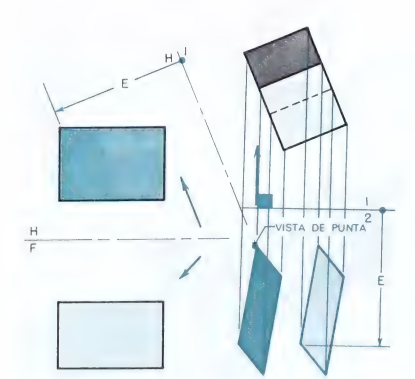
FIG. 9-3. VISTA AUXILIAR DOBLE DE UN SOLIDO



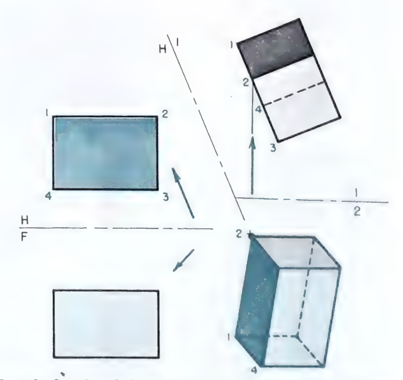
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de un sólido y una línea de vista.
Se pide: Encontrar la vista del sólido cuando se le mira en la dirección indicada por la línea de vista.
Referencias: Secciones 8-4 y 9-2.



Paso 1: Proyecte una vista auxiliar simple a partir de cualquiera de las vistas dadas, de tal manera que sea perpendicular a la línea de vista. Esta vista auxiliar dará la verdadera magnitud de la línea de vista, puesto que se le está mirando perpendicularmente. Proyecte el sólido a esta vista. Lleve la dimensión *H* a partir de la vista de frente para localizar puntos en la vista auxiliar simple.



Paso 2: Puesto que la línea de vista está en verdadera magnitud en la vista auxiliar simple, su vista de punta se obtendrá sobre un plano de proyección secundario que se trace perpendicular a ella. Este plano dará la vista que se pide del objeto. Proyecte los planos superior e inferior a la vista auxiliar secundaria, llevando todas las dimensiones respecto al plano *H*-1 como se muestra con la dimensión *E*.



Paso 3: Complete el objeto, trazando las líneas que faltan entre los vértices respectivos. El plano 1-2-3-4 aparece visible en la vista auxiliar secundaria, ya que la línea de vista no tiene nada que se le interponga al mirar al plano en la vista auxiliar simple. Cualquier línea que se cruce con este plano debe estar tras él y será invisible como se muestra en la figura. El contorno de un sólido siempre es visible.

capítulo, debe resultar evidente que las soluciones obtenidas gráficamente serían considerablemente más complicadas si se resolvieran por métodos analíticos o mediante la aplicación de principios matemáticos. El método óptimo para resolver problemas tridimensionales complicados consiste en la aplicación combinada de métodos gráficos y analíticos para aprovechar las ventajas de cada uno. El análisis gráfico necesario en la solución de problemas tridimensionales facilita la aplicación de los métodos analíticos.

Las vistas auxiliares simples son vistas complementarias proyectadas a partir de las vistas ortogonales principales: horizontal, frontal o de perfil. Una vista auxiliar *secundaria* es una vista proyectada a partir de una vista auxiliar simple. El plano de referencia entre la vista principal y la auxiliar se marca F-1, H-1 o P-1, mientras que el plano de referencia entre una vista auxiliar simple y una auxiliar secundaria se marca 1-2, no importa desde qué vista principal se está proyectando (fig. 9-3). Una *vista auxiliar múltiple* es una vista auxiliar proyectada a partir de una auxiliar *secundaria* o de otra auxiliar múltiple. En otras palabras, se puede producir una serie ilimitada de vistas auxiliares, mediante la proyección continuada de vista auxiliar a vista auxiliar.

Las vistas auxiliares guardan las mismas relaciones respecto a sus vistas adyacentes que las vistas principales entre sí. El plano de referencia de la vista auxiliar secundaria es perpendicular al de la vista auxiliar simple, y el plano de referencia de una vista auxiliar múltiple, proyectada desde una auxiliar secundaria, es perpendicular al plano de referencia de la auxiliar secundaria. Debe recordarse que todos los planos auxiliares secundarios son perpendiculares al precedente, desde donde se ha hecho la proyección.

9-2 VISTA AUXILIAR SECUNDARIA DE UN SOLIDO

La comprensión de las relaciones espaciales de líneas y planos en el espacio es mucho más fácil si se utiliza un sólido tridimensional para presentar los principios de proyección. Por tanto, en la fig. 9-3 se emplea un prisma rectangular simple para mostrar la construcción de una vista auxiliar secundaria.

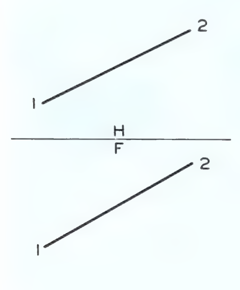
En las proyecciones de frente y arriba se escoge una línea de vista cualquiera. Puesto que se necesita mirar el prisma en la dirección de la línea de vista, se debe construir una proyección en la cual esta línea aparezca de punta. En el paso 1 se construye una vista auxiliar en la cual la línea de vista aparecerá en verdadera magnitud; el objeto también se proyecta a ésta. En el paso 2 se localiza un plano auxiliar secundario, 1-2, perpendicular a la línea de vista en verdadera magnitud. Las dos vistas de filo del prisma se proyectan a la auxiliar secundaria como planos separados, para simplificar la construcción del sólido y encontrar su visibilidad.

En el paso 3 se puede observar que el plano 1-2-3-4 es visible en la vista auxiliar secundaria; es decir, la línea de vista de la auxiliar secundaria da una vista directa del plano de la auxiliar simple. Puesto que el plano 1-2-3-4 es visible en la vista auxiliar secundaria, todas las líneas que se cruzan con el plano deben estar detrás de él y, por consiguiente, serán invisibles. Todas las líneas de contorno de un sólido son visibles. Los puntos homólogos de cada par de planos se unen en la vista auxiliar secundaria con líneas continuas o de trazos, para indicar su visibilidad.

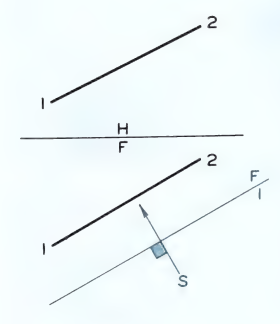
9-3 VISTA DE PUNTA DE UNA RECTA

El principio utilizado en la determinación de la vista de punta de una recta es un principio básico que se utilizará para resolver gran cantidad de problemas de geometría espacial. El problema anterior da una introducción a este principio por medio de un objeto sólido conocido. La fig. 9-4 es un repaso de los pasos seguidos para encontrar la vista de punta de la recta 1-2. Antes de encontrar esta vista en una auxiliar secundaria, es necesario encontrar la verdadera magnitud de la recta en una vista auxiliar simple. En el paso 3 se traza un plano auxiliar secundario perpendicular a la recta 1-2 en verdadera magnitud y las líneas

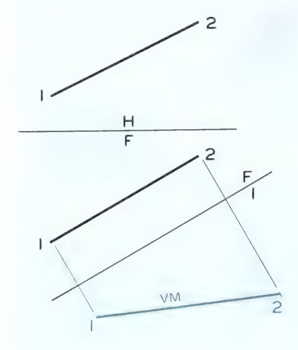
FIG. 9-4. VISTA DE PUNTA DE UNA RECTA



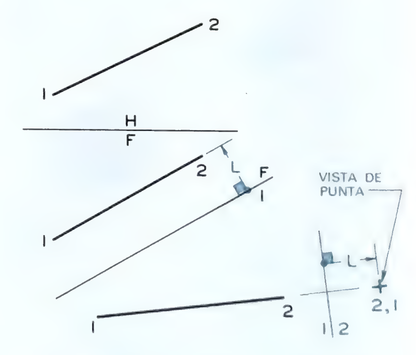
Dadas: Las vistas de arriba y de frente de una recta oblicua 1-2.
Se pide: Encontrar la vista de punta de la recta por medio de una vista auxiliar secundaria.
Referencias: Secciones 8-4 y 9-3.



Paso 1: Proyecte una vista auxiliar a partir de cualquiera de las vistas principales. En este caso, el plano de referencia se localiza paralelo a la vista de frente de la recta 1-2. Las líneas de proyección deben ser paralelas a la línea de vista dada, que es perpendicular al plano *F*-1. También se hubiera podido proyectar la vista auxiliar a partir de la vista horizontal.



Paso 2: Encuentre la vista auxiliar simple, proyectando como se especifica en el paso 1. La recta 1-2 aparece en verdadera magnitud en esta vista, puesto que en la anterior es paralela al plano de referencia. Esta construcción aparece en la fig. 8-11.



Paso 3: Trace un plano auxiliar secundario 1-2 perpendicular a la vista en verdadera magnitud de la recta 1-2. Lleve a la vista auxiliar doble la medida *L*, tomada en la vista de frente de la línea con respecto al plano *F*-1, para hallar así la vista de punta de la recta. La medida *L* aparecerá en verdadera magnitud en estas posiciones, puesto que es perpendicular al plano auxiliar primario, el cual aparece de filo tanto en la vista de frente como en la auxiliar secundaria

de proyección se trazan paralelas a ella. El plano auxiliar secundario es perpendicular al plano auxiliar simple y éste, a su vez, lo es al plano frontal; en consecuencia, cualquier dimensión perpendicular al plano auxiliar primario se proyectará en verdadera magnitud a las vistas de frente y auxiliar secundaria, como se muestra en el paso 3.

Cuando se tienen dos vistas adyacentes, la vista de punta de una recta se puede hallar proyectando una vista auxiliar secundaria a partir de cualquiera de ellas. Es decir, en la figura 9-4 se habría podido encontrar la verdadera magnitud de la recta 1-2, proyectando a partir de la vista de arriba y luego construyendo una auxiliar secundaria a partir de esta proyección. De igual manera, se habría podido proyectar la vista auxiliar a partir de la vista de lado.

9-4 ANGULO ENTRE DOS PLANOS

Casi todos los diseños contienen intersecciones de planos en ángulos poco comunes que el diseñador debe especificar en detalle antes de la fabricación. Estos ángulos deben conocerse, de tal manera que se pueda encontrar el medio de unir los planos o, quizá, para poder diseñar un molde para fundir el diseño en concreto, metal o aun vidrio. El satélite de detección nuclear de la fig. 9-5 es un ejemplo de un conjunto en el cual es necesario averiguar los ángulos. Los ángulos diedros entre los planos de la superficie exterior son muy importantes. Estos ángulos deben construirse con un alto grado de precisión para permitir una junta de gran exactitud, necesaria para un funcionamiento satisfactorio del satélite en el espacio exterior.

En la fig. 9-6 se cortan dos planos, 1-2-3 y 1-2-4, en una línea oblicua Como esta línea no aparece en verdadera magnitud en ninguna de las vistas, se debe encontrar una vista auxiliar para resolver el problema. El ángulo verdadero entre los dos planos se puede medir en una vista en que la línea de intersección aparezca de punta y los dos planos se proyecten de filo. En el paso 1 se encuentra la verdadera magnitud de la línea de intersección

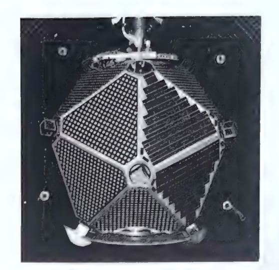


Fig. 9-5. Este satélite de detección nuclear está formado por planos y ángulos que pueden determinarse por medio de vistas auxiliares múltiples. (Cortesia de TRW Space Technology Laboratories.)

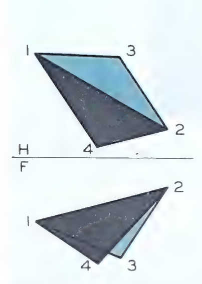
y, en el paso 2, ésta aparece de punta después de aplicar los principios explicados en la fig. 9-4. En el paso 3 se encuentra el ángulo verdadero; puesto que el plano que lo contiene es perpendicular a la línea de intersección, aparece en tamaño verdadero. Esta serie de vistas también podría haberse proyectado a partir de la vista de frente.

9-5 TAMAÑO VERDADERO DE UN PLANO

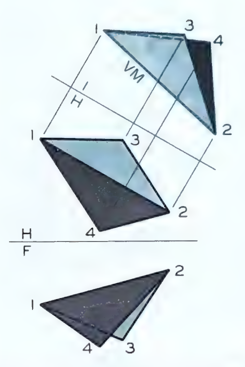
Gran cantidad de productos y diseños de ingeniería contienen varias superficies oblicuas y planos a los cuales se debe averiguar su tamaño verdadero para que se puedan elaborar planos apropiados de trabajo para la construcción del diseño terminado. El satélite de detección nuclear de la fig. 9-5 muestra un conjunto en el cual es necesario encontrar el tamaño verdadero de cada uno de los planos de superficie oblicua. Estas superficies se ensamblan de una manera muy precisa y con tolerancias muy pequeñas. La determinación del tamaño verdadero de un plano es un procedimiento fundamental que se aplicará con posterioridad a muchos problemas espaciales.

En la fig. 9-7 se encuentra por pasos sucesivos el tamaño verdadero del plano 1-2-3. En el paso 1 se encuentra la vista de filo del plano por medio de una vista auxiliar simple. El plano de proyección auxiliar secundario 1-2 se traza paralelo a la vista de filo del plano

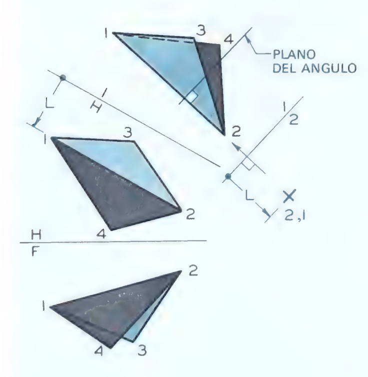
FIG. 9-6. ANGULO ENTRE DOS PLANOS OBLICUOS



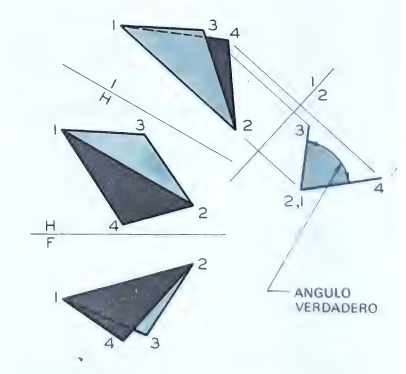
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de dos planos que se intersecan.
Se pide: Encontrar el ángulo entre los dos planos.
Referencias: Secciones 8-10 y 9-4.



Paso 1: El ángulo entre dos planos se puede observar en una vista en la cual la línea de intersección aparezca de punta. Proyecte una vista auxiliar simple perpendicular a una vista principal de la línea de intersección. En este caso, la vista se proyecta a partir de la vista de arriba. La línea 1-2 aparecerá en verdadera magnitud en la vista auxiliar simple.

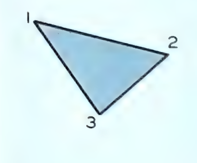


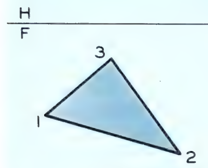
Paso 2: La vista de punta de la línea de intersección 1-2 se encuentra en una vista auxiliar secundaria. Construya esta vista, llevando la medida *L* con respecto a la vista de filo del plano de proyección primario. En la vista auxiliar simple, el plano del ángulo aparece de filo y perpendicular a la línea de intersección en verdadera magnitud.



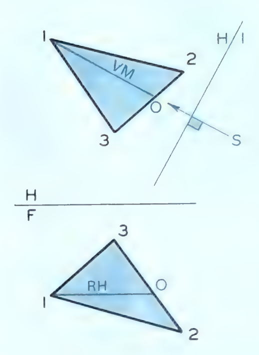
Paso 3: Se completan las vistas de filo de los planos, localizando los puntos 3 y 4 en la auxiliar secundaria, como se hizo con el punto 2. El ángulo entre los planos se puede medir en esta vista, puesto que los planos aparecen de filo y la línea de intersección de punta.

FIG. 9-7. TAMAÑO VERDADERO DE UN PLANO

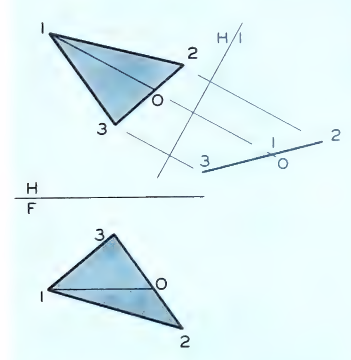




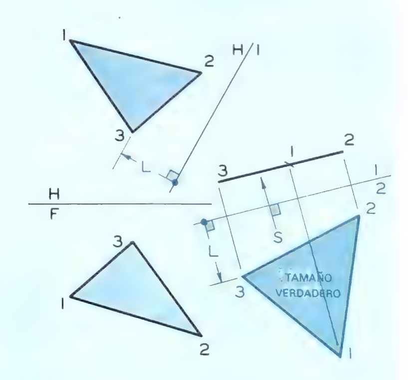
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de un plano.
Se pide: Encontrar el tamaño verdadero del plano.
Referencias: Secciones 8-4 y 9-5.



Paso 1: Trace una recta horizontal en la vista de frente del plano y proyéctela a la vista de arriba, donde aparecerá en verdadera magnitud. Proyecte una vista auxiliar simple paralela a la dirección de la recta 1-*O*. El plano de referencia *H*-1 es perpendicular a la línea de vista y a la recta 1-*O*.



Paso 2: En la vista auxiliar simple se encuentra la recta 1-*O* de punta. Proyecte los puntos 2 y 3 a esta vista, en la cual el plano aparecerá de filo.



Paso 3: Paralelo a la vista de filo del plano 1-2-3 trace un plano auxiliar secundario 1-2. La línea de vista se traza perpendicular al plano 1-2. La vista del plano en tamaño verdadero se encuentra localizando cada punto por medio de medidas tomadas perpendicularmente a la vista de filo del plano auxiliar primario, como se muestra.

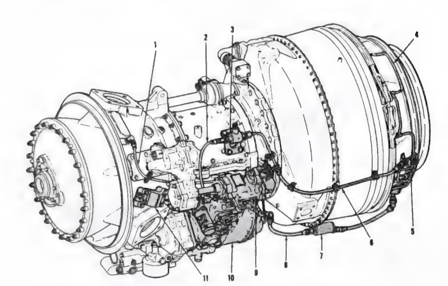


Fig. 9-8. La determinación de los dobleces de una línea de combustible es una aplicación del principio para encontrar el ángulo entre dos rectas. (Cortesía de Avco Lycoming.)

1-2-3. El tamaño verdadero del plano se encuentra en la vista auxiliar secundaria, proyectando perpendicularmente al plano 1-2 y llevando a la vista auxiliar secundaria las medidas de la vista de arriba con respecto al plano H-1, como se muestra en el paso 3.

Debe observarse aquí que la representación de un plano, como se define en geometría descriptiva, puede tomar variedad de formas, que incluyen dos rectas que se cortan, dos rectas paralelas, tres puntos o una recta y un punto. Esto permite muchas aplicaciones del principio para determinar el tamaño verdadero de un plano. Por ejemplo, la fig. 9-8 muestra el sistema de combustible de una turbina de gas; la tubería del sistema debe doblarse para que tome la forma del contorno del motor. La determinación de las longitudes de tubería y los ángulos de doblado es una aplicación del principio para encontrar el tamaño verdadero de un plano. En la fig. 9-9 se muestra un problema semejante a éste, pues se dan las vistas de arriba y frente de la línea de eje de una tubería de combustible. El ángulo verdadero 1-2-3 se puede encontrar en la vista en la cual el plano 1-2-3 aparezca en tamaño verdadero. La vista auxiliar simple se encuentra proyectando en una dirección paralela a la línea 1-2 de la vista de arriba, donde aparece en verdadera magnitud; en esta vista auxiliar simple, el plano aparece de filo. Una vista auxiliar secundaria proyectada perpendicular a la vista de filo muestra el plano en tamaño verdadero; por tanto, las dos rectas aparecen en verdadera magnitud y el ángulo comprendido entre ellas estará en verdadera magnitud. El radio de curvatura dado se puede utilizar para trazar el empalme del punto 2, haciendo centro en C. Las longitudes rectas se pueden medir directamente y la longitud del arco se puede averiguar matemáticamente aplicando la fórmula para hallar la circunferen-

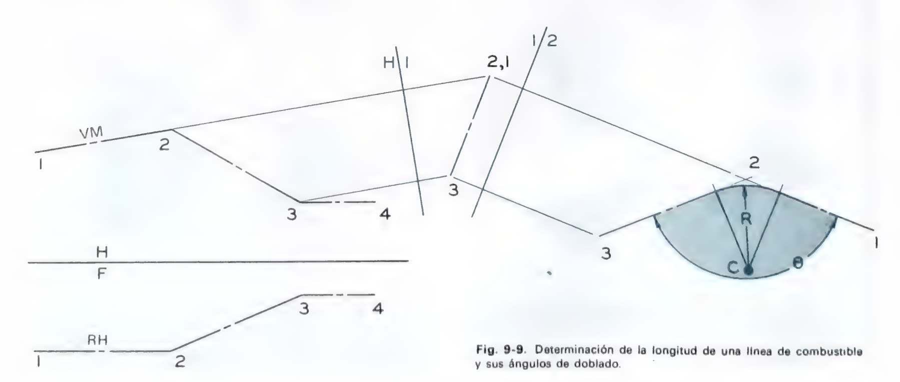


Fig. 9-9. Determinación de la longitud de una línea de combustible y sus ángulos de doblado.



Fig. 9-10. La base del Unisferio ®, símbolo de la Feria Mundial de Nueva York, se muestra durante su construcción. Este es una aplicación del principio para encontrar el ángulo entre dos líneas. (Cortesía de U. S. Steel Corporation.)

cia de un círculo. La solución de este problema sería más completa si se tratara de encontrarla totalmente por métodos matemáticos.

La fig. 9-10, que muestra una junta diseñada para soportar los miembros estructurales del Unisferio ® de la Feria Mundial de Nueva York de 1965, es otra aplicación del ángulo entre dos líneas. Fue necesario construir una vista en la cual apareciera en verdadera magnitud el ángulo formado por el elemento de soporte y el miembro longitudinal. También fue necesario encontrar los ángulos entre los planos que se intersecan en este punto del soporte, de manera que se pudieran preparar detalles para fabricación y montaje. Se diseñó un proyecto estructural de este tipo para levantarlo en el sitio, con el mínimo de modificaciones de los miembros estructurales.

9-6 VISTAS ELIPTICAS DE UN CIRCULO

Las formas circulares y cilíndricas se utilizan ampliamente en muchos diseños. La fig. 9-11, dibujo de un avión, en la cual las formas circulares no aparecen como tales, sino como elipses, es un ejemplo de los muchos usos de los círculos y cilindros. Las trayectorias orbitales de los satélites se proyectarán como elipses en muchas vistas, aun cuando sean circulares en la realidad, o como se ilustra en la fig. 9-12 que muestra el Unisferio ® en las etapas finales de su construcción. Los círculos se ven en su tamaño y forma verdaderos

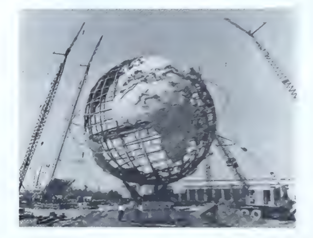


Fig. 9-12. Las trayectorias elípticas de los satélites aparecen en el Unisferio ® parcialmente terminado. (Cortesía de U. S. Steel Corporation.)

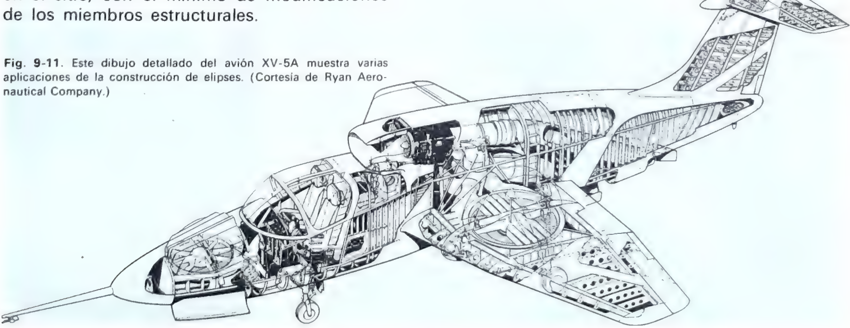


Fig. 9-11. Este dibujo detallado del avión XV-5A muestra varias aplicaciones de la construcción de elipses. (Cortesía de Ryan Aeronautical Company.)

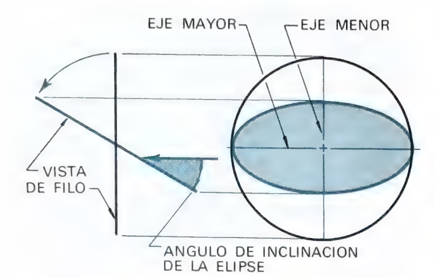


Fig. 9-13. Relaciones entre la elipse y el círculo.

cuando la línea de vista del observador es perpendicular al plano que los contiene. Sin embargo, hay muchos casos en que la línea de vista no es perpendicular al plano del círculo; en la vista resultante, el círculo deformado aparecerá como una elipse. La representación de formas circulares exige comprender bien los principios de construcción de elipses.

En las siguientes definiciones, que se dan para explicar la terminología asociada con las elipses, se hace referencia a la fig. 9-13.

Elipse. Vista de un círculo en la cual la línea de vista no es perpendicular al plano que lo contiene.

Eje mayor. El mayor diámetro que se puede encontrar en una elipse. Por definición, un diámetro pasa por el centro de la elipse. El eje mayor aparece en verdadera magnitud en cualquier vista del círculo.

Eje menor. El menor diámetro que se puede encontrar en una elipse. Este diámetro es perpendicular al eje mayor en todas las vistas.

Angulo de inclinación de la elipse. Es el ángulo formado por la línea de vista y la vista de filo del plano que contiene el círculo; generalmente, se encuentra en una vista auxiliar.

Eje del cilindro. En un cilindro circular recto, es una recta imaginaria que une los centros de todas sus secciones transversales y es perpendicular a ellas.

Plantilla de elipses. Es un patrón que contiene una serie de elipses de diferentes tamaños y se usa para trazarlas cuando se conocen los ejes mayor y menor. Las series de elipses vienen en intervalos de 5° (ángulo de inclinación de la elipse) en la mayoría de los casos. En la fig. 9-14 se muestra un conjunto de plantillas de elipses.

Un ejemplo de vista elíptica de una forma circular se puede observar en la fig. 9-15, en la cual la línea de vista no es perpendicular al plano del molde de la llanta. Obsérvese

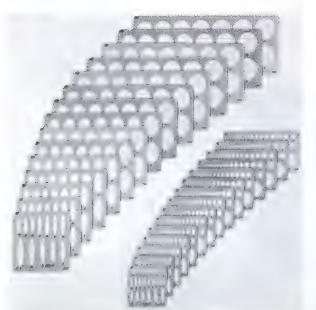


Fig. 9-14. Plantillas empleadas para trazar elipses. (Cortesía de The A. Lietz Co.)

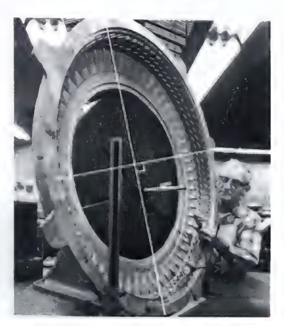
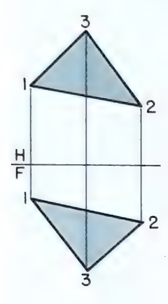
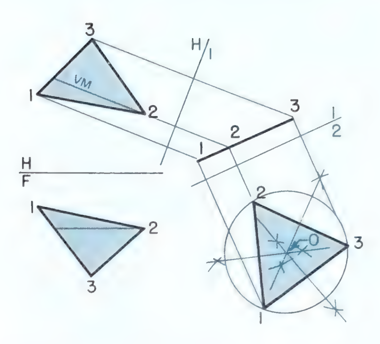


Fig. 9-15. Se puede observar por inspección de los moldes de las llantas que los círculos aparecen como elipses cuando se observan oblicuamente. (Cortesía de ALCOA.)

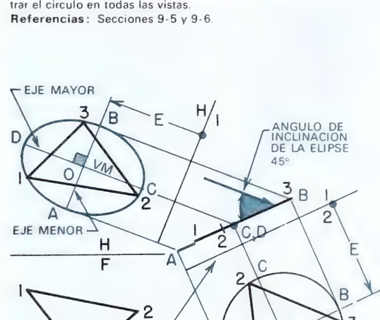
FIG. 9-16. VISTAS ELIPTICAS DE UN CIRCULO



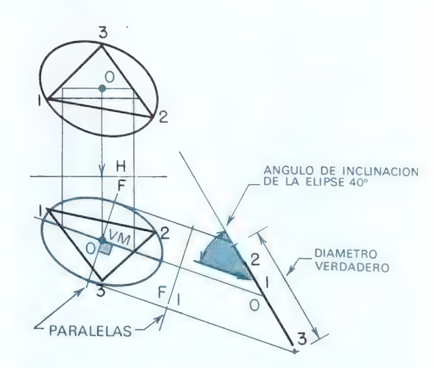
Dadas: Las vistas de frente y de arriba del plano 1-2-3.
Se pide: Trazar un circulo que pase por los vértices del plano. Mostrar el circulo en todas las vistas.
Referencias: Secciones 9-5 y 9-6.



Paso 1: Encuentre el tamaño verdadero del plano 1-2-3 por el método que estudiamos en la sección 9-5. En la vista en tamaño verdadero trace un circulo que pase por los vértices. El centro del circulo, *O*, se encuentra en el punto de intersección de las bisectrices de cada uno de los lados del triángulo.



Paso 2: Trace los diámetros *AB* y *CD* en la vista auxiliar secundaria paralelo y perpendicular al plano 1-2, respectivamente. Proyecte estas lineas a las vistas auxiliar simple y de arriba, donde serán los ejes mayor y menor de la elipse. Escoja la plantilla de elipses apropiada de acuerdo con el ángulo entre la linea de vista y la vista de filo del plano y dibuje la vista de arriba.



Paso 3: Encuentre la plantilla de elipses apropiada para trazar la elipse de la vista de frente, localizando la vista de filo de la elipse en una vista auxiliar proyectada a partir de la vista de frente. El ángulo de inclinación de la elipse se mide en la vista auxiliar, como se indica. Obsérvese que en la vista de frente el eje mayor está en verdadera magnitud y es paralelo a una recta en verdadera magnitud contenida en el plano. El eje menor es perpendicular al eje mayor.

que el eje mayor aparece en verdadera magnitud en cualquier vista y el eje menor es perpendicular a éste, como se muestra, cuando se observa el objeto real o cuando se muestra en un dibujo.

Supóngase que hay que trazar una circunferencia que pase por los puntos 1, 2 y 3 como se muestra en todas las vistas de la figura 9-16. Para trazar el círculo como tal, es necesario encontrar el tamaño verdadero del plano 1-2-3. En el paso 1 se traza el círculo, localizando su centro en el punto de intersección de las tres bisectrices perpendiculares a las líneas del plano y recogiendo un radio que pase por los tres puntos. En el paso 2 se trazan en la vista auxiliar secundaria los ejes mayor y menor paralelo y perpendicular, respectivamente, al plano de referencia 1-2. Ambos aparecerán en verdadera magnitud en esta vista, puesto que el plano aparece en verdadera magnitud. A continuación, se proyectan los ejes del círculo a la vista auxiliar simple, donde el eje mayor coincide con la vista de filo del plano y el eje menor es igual a cero. Entonces los ejes se proyectan a la vista de arriba, en la cual el eje mayor *CD*, es paralelo a una recta que, contenida en el plano, esté en verdadera magnitud, puesto que el eje mayor aparece siempre en verdadera magnitud. La longitud del eje mayor se encuentra llevando medidas de la vista auxiliar secundaria, como se muestra en el paso 2. El eje menor se traza por el punto *O* perpendicular al eje mayor. Su longitud se encuentra proyectando los puntos *A* y *B* de la vista de filo. Estos ejes se utilizan para establecer la posición de la plantilla que se empleará para trazar la elipse en la vista de arriba. El ángulo de inclinación de la elipse, para escoger la plantilla, se encuentra en la vista auxiliar simple, midiendo el ángulo formado por la línea de vista y el plano de filo. El tamaño de la elipse se selecciona de la plantilla de tal manera que sea lo más cercano posible al eje mayor. Se dibuja la elipse, haciendo coincidir las marcas de la plantilla con los ejes mayor y menor.

La construcción de la elipse en la vista de frente se hace de la misma forma que en el paso 2; sin embargo, la vista en verdadera magnitud no es necesaria, puesto que el centro del círculo ya se ha hallado en el paso 1. El punto *O* se proyecta a la vista de frente del plano 1-2-3. La vista de filo del plano, en la cual se puede averiguar el ángulo de inclinación de la elipse que sirve de guía para escoger la plantilla, se encuentra proyectando a partir de la vista de frente, como se muestra en el paso 3. Obsérvese que la vista de filo del plano se extiende a cada lado del punto *O* para que un eje aparezca en verdadera magnitud en esta vista. El eje mayor se traza en la vista de frente en verdadera magnitud por el punto *O* y paralelo a una recta que, contenida en el plano, esté en verdadera magnitud. El eje menor es perpendicular al eje mayor y su longitud se encuentra proyectando los puntos extremos del círculo de filo. La plantilla de elipse se puede utilizar para trazar la elipse como se hizo en la vista de arriba.

Hay varios métodos para trazar elipses gráficamente sin ayuda de la plantilla; sin embargo, estos métodos son tediosos y exigen bastante tiempo. La plantilla de elipses suministra al diseñador el método más práctico para construirlas. Hoy en día, la tecnología exige que el tiempo se gaste lo más económicamente posible, por lo cual se pone énfasis en los métodos que aceleran todas las fases del proceso de diseño.

Los cilindros circulares están muy relacionados con las elipses, puesto que están formados por una serie de círculos que pueden proyectarse a las vistas convencionales como elipses. La construcción de cilindros cuando aparecen deformados exige que se sigan los procedimientos explicados en la fig. 9-16, con la adición de un paso. Este paso adicional es la construcción del eje del cilindro. Las secciones transversales de los extremos de un cilindro deben ser perpendiculares a su eje, como se muestra en la fig. 9-17B. Es bastante obvio, aún para el ojo inexperto, que los extremos del cilindro de la parte A de la figura no son perpendiculares a su eje. Cuando una recta es perpendicular a un plano, lo es también a todas las líneas contenidas en el plano. Esta recta perpendicular a un plano se proyecta

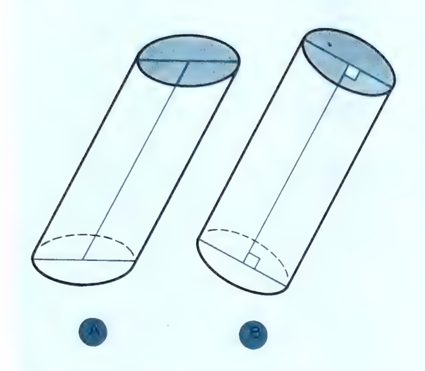


Fig. 9-17. Relaciones entre el eje del cilindro y su sección transversal.

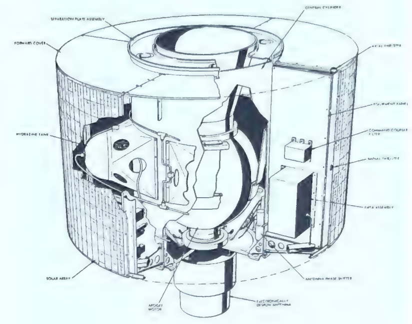
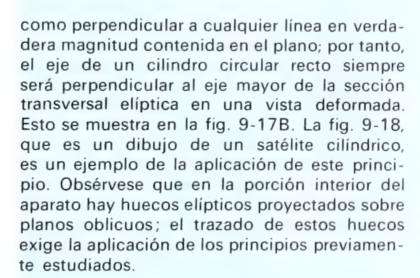


Fig. 9-18. Este satélite es un ejemplo de la representación de una forma cilíndrica en una vista oblicua. (Cortesía de TRW Space Technology Laboratories.)



como perpendicular a cualquier línea en verdadera magnitud contenida en el plano; por tanto, el eje de un cilindro circular recto siempre será perpendicular al eje mayor de la sección transversal elíptica en una vista deformada. Esto se muestra en la fig. 9-17B. La fig. 9-18, que es un dibujo de un satélite cilíndrico, es un ejemplo de la aplicación de este principio. Obsérvese que en la porción interior del aparato hay huecos elípticos proyectados sobre planos oblicuos; el trazado de estos huecos exige la aplicación de los principios previamente estudiados.

9-7 DISTANCIA MINIMA DE UN PUNTO A UNA RECTA

la distancia mínima de un punto a una recta debe ser conocida para hacer el uso más económico de los materiales, sean éstos tubos, miembros estructurales o conductores de electricidad. En la fig. 9-19 se dan los pasos necesarios para encontrar esta distancia mínima.

En el paso 1 se encuentra la verdadera magnitud de la recta y en el paso 2, su vista de punta. La distancia perpendicular del punto a la recta aparece en verdadera magnitud en la vista en que la recta esté de punta. Esta recta se proyecta a la vista auxiliar simple, donde será perpendicular a la recta en verdadera magnitud. Puesto que la recta 3-0 está en verdadera magnitud en la vista auxiliar secundaria, debe aparecer paralela al plano de referencia 1-2 en la vista anterior, como se muestra en el paso 3. La recta 3-0 se proyecta a las demás vistas.

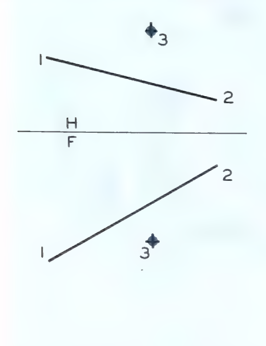
La distancia mínima de un punto a una recta también se puede averiguar por el método alterno que estudiamos en la sección 9-5. Se halla el tamaño verdadero del plano 1-2-3, se traza la perpendicular a la recta 1-2 y se mide la verdadera magnitud de la distancia en la misma vista.

En la fig. 9-20 se puede observar que la distancia mínima de un punto a una recta es una necesidad frecuente en la industria, para economizar materiales costosos y trabajo.

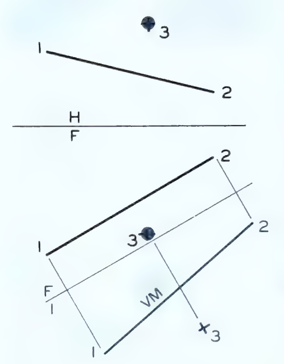
9-8 DISTANCIA MINIMA ENTRE RECTAS QUE SE CRUZAN-METODO DE LA RECTA

La determinación de la distancia mínima entre dos rectas es aplicable a gran número de situaciones que se presentan al ingeniero y al técnico. Las líneas de alto voltaje de la

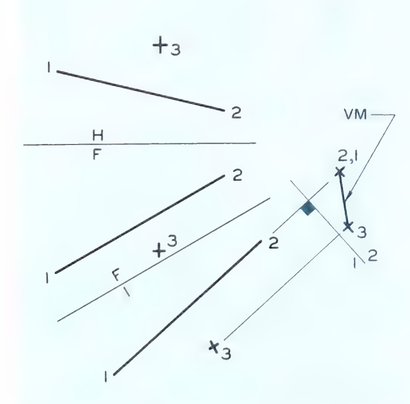
FIG. 9-19. DISTANCIA MINIMA DE UN PUNTO A UNA RECTA



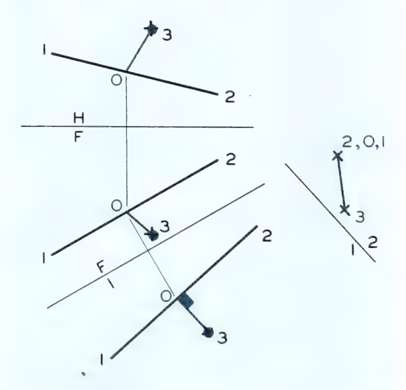
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de la recta 1-2 y el punto 3.
Se pide: Encontrar la distancia mínima del punto 3 a la recta 1-2 y mostrarla en todas las vistas.
Referencias: Secciones 9-3 y 9-7.



Paso 1: Encuentre la verdadera magnitud de la recta 1-2 proyectando una vista auxiliar simple a partir de la vista de frente. Trace el plano de referencia *F*-1 paralelo a la recta 1-2 de la vista de frente y haga todas las proyecciones perpendicularmente al plano *F*-1. Proyectar también el punto 3 a esta vista.



Paso 2: Trace un plano de referencia secundario 1-2 perpendicular a la recta 1-2 para encontrar la vista de punta de la misma. En esta vista se puede trazar la distancia perpendicular del punto 3 a la recta 1-2



Paso 3: Puesto que la recta 3-*O* está en verdadera magnitud en la vista auxiliar doble, debe ser paralela al plano 1-2 y perpendicular a la recta 1-2 en la vista auxiliar simple. Encuentre las vistas de frente y de arriba de la recta 3-*O*, proyectando a partir de la vista auxiliar simple.

figura 9-21 deben tener un espaciamiento mínimo, que se especifica en reglamentaciones. El diseño de las torres de soporte así como el factor de seguridad respecto a espaciamento, estarán determinados por el espaciamiento especificado.

Para encontrar la distancia mínima entre dos rectas se emplean dos métodos: el método de la recta y el método del plano. El método de la recta se ilustra en pasos sucesivos en la fig. 9-22. Puesto que la distancia mínima entre dos rectas será perpendicular a ellas, aparecerá en verdadera magnitud en la vista en que la recta 3-4 aparezca de punta. Para encontrar el punto *P*, la recta *OP* se proyecta a la vista auxiliar simple, donde se traza perpendicular a la recta 3-4, que está en verdadera magnitud en esta vista. Los puntos *O* y *P*, que representan la distancia mínima, se proyectan entre esas dos rectas, a las vistas de frente y arriba.



Fig. 9-20. La estructura superior de este horno tiene varias aplicaciones del principio para encontrar la distancia mínima de un punto a una vista. (Cortesía de Jones Laughlin Steel Corporation.)



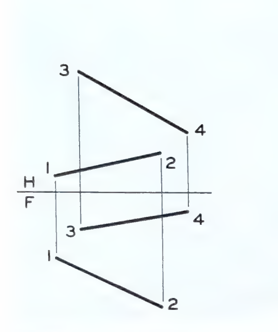
Fig. 9-21. La distancia mínima entre dos líneas conductoras de electricidad que se cruzan se puede encontrar por medio de la teoría de la geometría descriptiva. (Cortesía de Interconexión, S. A., Bogotá, Colombia.)

9-9 DISTANCIA MINIMA ENTRE DOS RECTAS QUE SE CRUZAN-METODO DEL PLANO

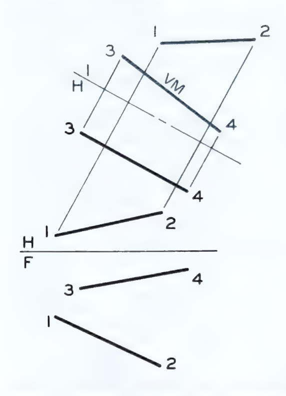
El problema de la sección 9-8 se puede resolver aplicando el método del plano, como se muestra en la fig. 9-23. Se empleará el principio, discutido en el capítulo 7, para construir las vistas de frente y arriba de un plano que sea paralelo a la recta 1-2. Por un punto, en este caso el punto 4, se traza en ambas vistas una línea paralela a la recta 1-2. Las dos rectas, 4-0 y 3-4, que se cortan forman un plano. De esta manera se puede trazar un gran número de planos, pero todos ellos están contenidos en un mismo plano infinito. Cuando en una vista auxiliar simple se encuentre la vista de filo del plano, las dos rectas aparecerán paralelas como se muestra en el paso 1. El plano ha cumplido su propósito una vez que se ha construido la vista auxiliar y los restantes pasos de la solución pueden no tenerse en cuenta.

La distancia mínima entre las dos rectas se trazará perpendicular a ellas en la vista auxiliar simple en que éstas aparecen paralelas (paso 2). Aunque se pueden trazar gran canti-

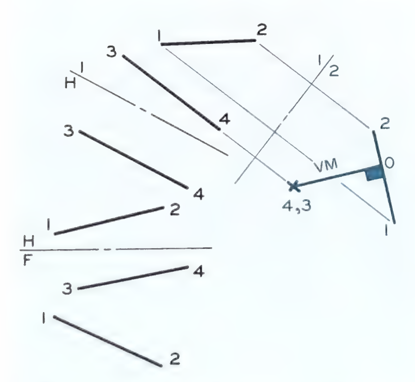
FIG. 9-22. DISTANCIA MINIMA ENTRE RECTAS QUE SE CRUZAN. METODO DE LA RECTA



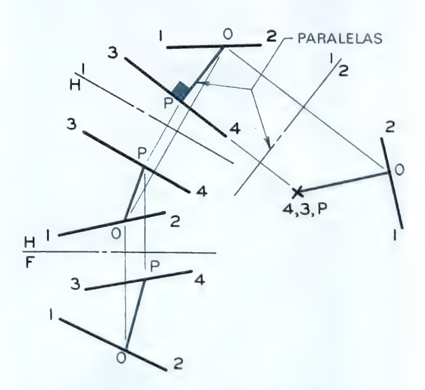
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de las rectas 1-2 y 3-4.
Se pide: Encontrar por el método de la recta la distancia mínima entre las dos líneas y mostrarla en todas las vistas.
Referencias: Secciones 9-3 y 9-8.



Paso 1: Encuentre la verdadera magnitud de la recta 3-4 en una vista auxiliar simple proyectada a partir de la vista de arriba. También proyecte la recta 1-2 a esta vista. La vista auxiliar simple se hubiera podido proyectar a partir de la vista de frente.

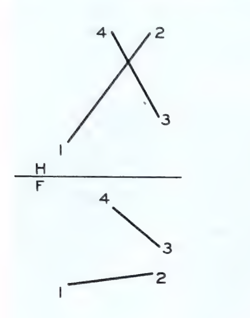


Paso 2: Trace una vista auxiliar secundaria para encontrar la vista de punta de la recta 3-4. La distancia mínima entre dos rectas es perpendicular a ambas y aparecerá en verdadera magnitud en la vista auxiliar secundaria, donde se trazará perpendicular a la recta 1-2.

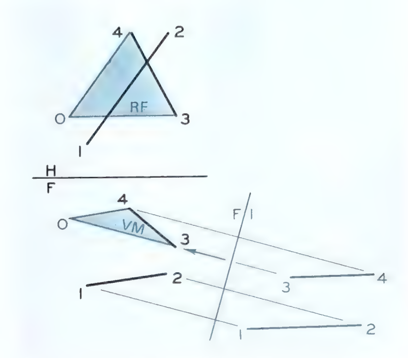


Paso 3: Localice por proyección el punto *O* en la vista auxiliar simple. Encuentre el punto *P* sobre la recta 3-4, trazando la recta *O-P* por el punto *O* y perpendicular a la recta 3-4. Estos puntos se proyectan a las vistas de frente y de arriba para representar la línea. Observe que la recta *O-P* es paralela al plano de referencia 1-2, en la vista auxiliar simple, por aparecer en verdadera magnitud en la vista auxiliar secundaria.

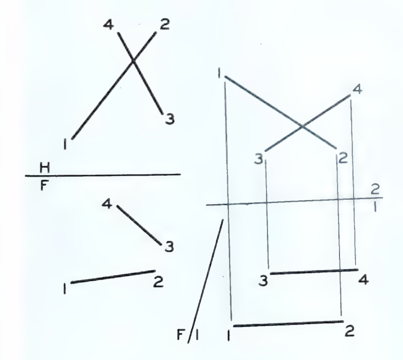
FIG. 9-23. DISTANCIA MINIMA ENTRE DOS RECTAS QUE SE CRUZAN. METODO DEL PLANO



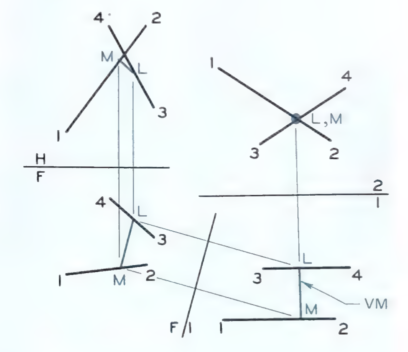
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de las rectas 1-2 y 3-4.
Se pide: Encontrar la distancia mínima entre las rectas por el método del plano. Mostrar esta distancia en todas las vistas.
Referencias: Secciones 7-19 y 9-9.



Paso 1: Trace un plano que contenga la recta 3-4 y que sea paralelo a la recta 1-2. La línea 4-*O* se traza paralela a la recta 1-2 en ambas vistas. Puesto que el plano 3-4-*O* contiene una recta paralela a la recta 1-2, este plano es paralelo a dicha recta. Las rectas dadas aparecen paralelas a una vista auxiliar en la cual el plano 3-4-*O* aparezca de filo.



Paso 2: La distancia mínima aparecerá en verdadera magnitud en la vista auxiliar simple en la cual será perpendicular a ambas rectas. Construya una vista auxiliar secundaria, proyectando perpendicularmente a las rectas de la vista auxiliar simple. Las rectas 1-2 y 3-4 se cruzan en esta vista.



Paso 3: El punto de cruce de las rectas 1-2 y 3-4 establece la vista de punta de la distancia *LM*, perpendicular a las rectas. Este punto se proyecta a la vista auxiliar simple, donde la distancia aparece en verdadera magnitud. Las vistas de frente y de arriba de esta vista se encuentran proyectando los puntos *L* y *M* a sus rectas respectivas en estas vistas.

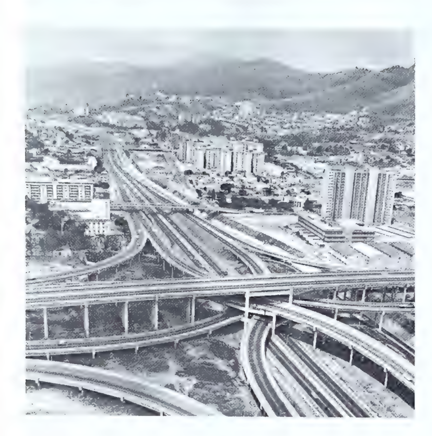


Fig. 9-24. La Araña, Caracas, Venezuela, muestra una gran variedad de aplicaciones de líneas que se cruzan.

dad de rectas aparentemente perpendiculares, sólo una de ellas será en realidad perpendicular: la que aparezca en verdadera magnitud en la vista auxiliar simple. Esta recta aparecerá de punta en una vista auxiliar secundaria proyectada perpendicularmente a partir de la vista auxiliar simple, como se muestra en el paso 3. Las dos rectas, 1-2 y 3-4, aparecen en verdadera magnitud en esta vista; en consecuencia, la distancia mínima entre ellas se encuentra en el punto de cruce, al cual se proyecta la recta *LM* de punta. La verdadera magnitud de esta recta se encuentra en la vista auxiliar simple. La distancia mínima se proyecta a las vistas principales para completar las exigencias del problema.

Este método para encontrar la distancia mínima entre dos rectas es el caso general y se empleará para resolver los problemas que se verán en las secciones 9-10 y 9-11. Los sistemas complicados de tránsito, como el que aparece en la fig. 9-24, se deben analizar para encontrar los espacios entre las líneas del centro de las carreteras que se cruzan. Las distancias verticales también son importantes para el diseño de los cruces elevados. Las distancias verticales entre rectas que se cruzan aparecen en verdadera magnitud en la vista de frente, exactamente debajo del punto de cruce en la vista de arriba.

9-10 DISTANCIA HORIZONTAL MINIMA ENTRE DOS RECTAS QUE SE CRUZAN

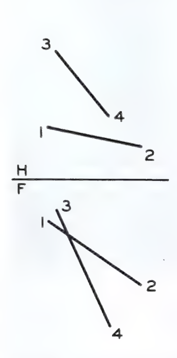
La distancia horizontal mínima entre dos rectas se encuentra empleando el método del plano en los primeros pasos, como se dijo en la sección 9-9. En el paso 1 de la fig. 9-25 se traza un plano que contenga una de las rectas y sea paralelo a la otra. Se construye una vista de filo del plano, proyectando a partir de la *vista de arriba* para que el plano horizontal aparezca de filo en la vista auxiliar simple en la cual la distancia horizontal se puede trazar paralela al plano horizontal. Este problema *no se puede resolver* proyectando a partir de la vista de frente, porque en este caso el plano horizontal no aparece de filo como sucede con el plano frontal. En el paso 2, la distancia horizontal mínima aparece en verdadera magnitud y paralela al plano de referencia H-1. Unicamente *esta distancia* aparecerá en verdadera magnitud en esta vista. Para localizar su posición se necesita una vista auxiliar doble. La vista de punta de la recta *LM* se encuentra en la vista auxiliar secundaria y se proyecta a la vista auxiliar simple donde aparece en verdadera magnitud. Como una prueba de la exactitud de la construcción, la recta *LM* debe aparecer horizontal en la vista de frente.

Una aplicación de este problema es la unión de dos carreteras por medio de un túnel horizontal (fig. 9-26). Este principio también se emplea para unir túneles inclinados por medio de túneles horizontales que, por razones de economía, deben ser tan cortos como sea posible.

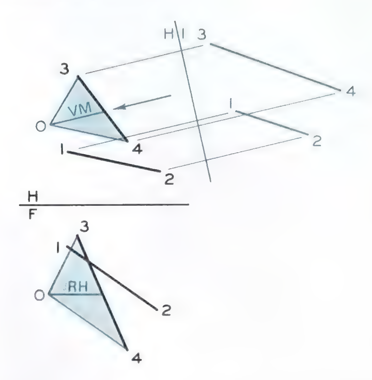
9-11 DISTANCIA INCLINADA MINIMA ENTRE RECTAS QUE SE CRUZAN

Para encontrar la distancia inclinada mínima entre dos rectas que se cruzan, debe hacerse

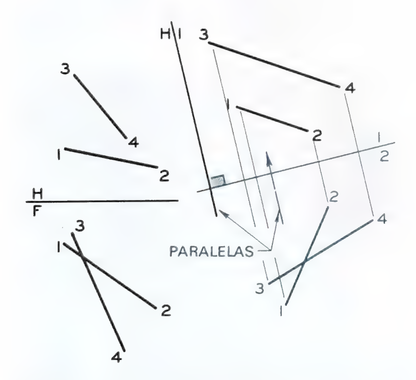
FIG. 9-25. DISTANCIA HORIZONTAL MINIMA ENTRE DOS RECTAS QUE SE CRUZAN



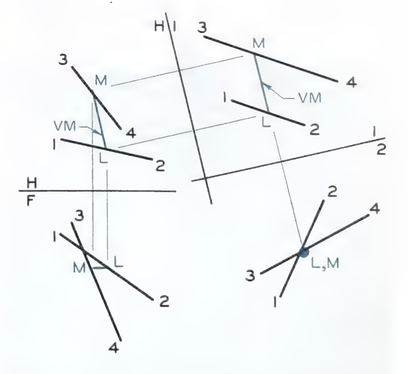
Dadas: Las vistas de arriba y de frente de las rectas 1-2 y 3-4.
Se pide: Encontrar la distancia horizontal mínima entre las rectas y proyectarla a todas las vistas.
Referencias: Secciones 7-19, 9-9 y 9-10.



Paso 1: Construya el plano 3-4-*O* paralelo a la recta 1-2, trazando la recta 4-*O* paralela a la recta 1-2 en las vistas de arriba y de frente. El plano 3-4-*O* se encuentra de filo en la vista auxiliar simple, en la cual las rectas aparecerán paralelas. *Nota:* la vista auxiliar simple *se debe* proyectar a partir de la vista de arriba para que el plano horizontal aparezca de filo.

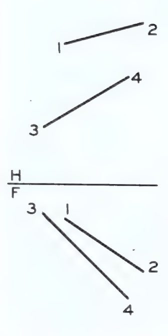


Paso 2: En la vista auxiliar simple se pueden trazar entre las rectas un número infinito de rectas horizontales, pero sólo la distancia mínima aparecerá en verdadera magnitud en esta vista. Trace el plano auxiliar secundario 1-2 perpendicular al plano *H*-1 y proyecte a este plano las rectas 1-2 y 3-4.

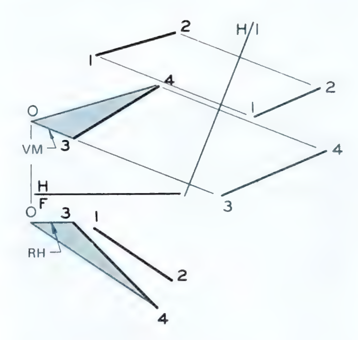


Paso 3: El punto de cruce de las rectas 1-2 y 3-4 en la vista auxiliar secundaria establece la vista de punta de la recta *LM*, que está en verdadera magnitud en la vista auxiliar simple. Proyecte la recta *LM* a las vistas de arriba y de frente. La recta *LM* de la vista de frente es paralela al plano *H-F*, lo cual comprueba que es una recta horizontal.

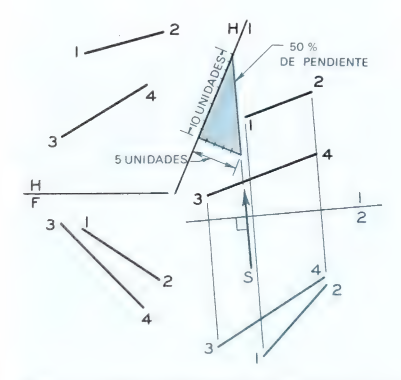
FIG. 9-27. DISTANCIA INCLINADA ENTRE RECTAS QUE SE CRUZAN



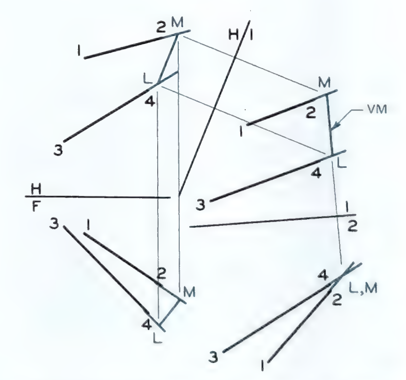
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de dos rectas 1-2 y 3-4.
Se pide: Encontrar la distancia más corta con un porcentaje de pendiente del 50% entre las dos rectas.
Referencias: Secciones 7-19 y 9-11.



Paso 1: Construya el plano 3-4-*O* paralelo a la recta 1-2, trazando la recta 4-*O* paralela a la recta 1-2 en ambas vistas. El plano aparece de filo en la vista a la cual las dos rectas aparecen paralelas. *Nota*: la vista auxiliar simple *debe* proyectarse a partir de la *vista de arriba* para que el plano horizontal aparezca de filo en esta vista.



Paso 2: En la vista auxiliar simple trace una recta con 50% de pendiente respecto a la vista de filo del plano *H-1*. Trace esta recta en una dirección lo más cercana posible a la dirección que tendría la recta perpendicular a las dos líneas. Proyecte una vista auxiliar secundaria paralela a la dirección de la línea de pendiente. La distancia inclinada mínima aparecerá en verdadera magnitud en la vista auxiliar simple.



Paso 3: En la vista auxiliar secundaria proyecte las rectas hasta su punto de cruce, el cual localiza la vista de punta de *LM*. En la vista auxiliar simple, *LM* aparecerá en verdadera magnitud con una pendiente del 50%. Proyecte la recta *LM* a las vistas de arriba y de frente. Las rectas 1-2 y 3-4 deben prolongarse en todas las vistas.

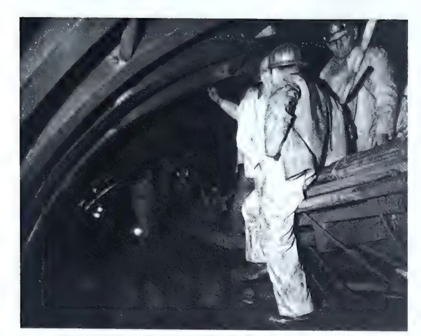


Fig. 9-26. Construcción de un túnel de cuatro kilómetros para un sistema de tránsito rápido en las colinas de Berkeley en San Francisco. (Cortesía de Kaiser Engineers.)

uso del método del plano explicado en la sección 9-9. De esta serie de problemas se puede deducir que el método del plano es un método general para resolver todos los problemas de rectas que se cruzan, mientras que el método de la recta únicamente se aplica para encontrar la distancia perpendicular entre ellas.

Como se muestra en el paso 1 de la figura 9-27, las rectas se proyectan como paralelas a la vista auxiliar simple en la cual aparece de filo el plano construido paralelo a una de las rectas y perpendicular a la otra. Esta vista auxiliar simple debe proyectarse a partir de la vista de arriba para que el plano horizontal, a partir del cual se puede trazar el porcentaje de pendiente de una recta, aparezca de filo. Recuérdese que el porcentaje de pendiente de una recta es la relación entre la diferencia de nivel y la distancia horizontal entre los extremos de ésta. Estas componentes pueden emplearse para establecer en la vista auxiliar simple la pendiente especificada, como se muestra en el paso 2. El porcentaje de pendiente se puede trazar en dos direcciones con respecto al plano horizontal de referencia H-1. Sin embargo, la distancia inclinada mínima entre dos rectas emplea la recta trazada en una dirección que sea la más cercana a la perpendicular a las dos rectas. Esta dirección se puede determinar por inspección de la vista auxiliar simple. El plano auxiliar secundario, 1-2, se traza perpendicular a la recta de pendiente que se ha construido previamente y la vista se proyecta paralela a la dirección de ésta. Las rectas de este ejemplo no se

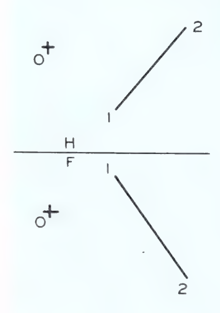


Fig. 9-28. Se deben evaluar las tolerancias entre estas tuberías interconectadas para disminuir el costo de materiales e instalación. (Cortesía de Standard Oil Corporation de New Jersey.)

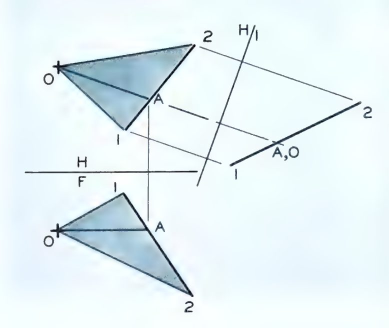


Fig. 9-29. Las carreteras frecuentemente presentan problemas de rectas que se cruzan y que exigen soluciones gráficas. (Cortesía de California Division of Highways.)

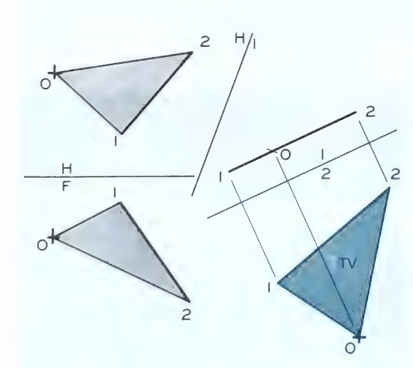
FIG. 9-30. RECTA QUE, PASANDO POR UN PUNTO, CORTE A OTRA EN UN ANGULO DADO



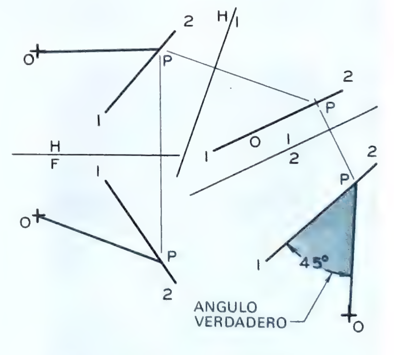
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de la recta 1-2 y el punto *O*.
Se pide: Trazar una recta que, pasando por el punto *O*, forme un ángulo de 45° con la recta 1-2.
Referencias: Secciones 9-5 y 9-12.



Paso 1: En ambas vistas una el punto *O* con cada uno de los extremos de la recta para obtener el plano 1-2-*O*. En la vista de frente trace una recta horizontal contenida en el plano y proyéctela a la vista de arriba, donde aparecerá en verdadera magnitud. Encuentre la vista de filo del plano en la vista en que la recta *O-A* aparezca de punta.



Paso 2: Encuentre el tamaño verdadero del plano 1-2-*O*, proyectando una vista auxiliar perpendicular a la vista de filo del plano de la vista auxiliar simple. No es necesario trazar el plano en la vista auxiliar secundaria, puesto que no se empleará posteriormente.



Paso 3: En la vista auxiliar secundaria se puede trazar la recta *OP* para formar con la recta 1-2 el ángulo especificado, puesto que el punto *O* y la recta 1-2 están contenidos en el mismo plano. Proyecte el punto *P* a las demás vistas y únalo con el punto *O*. Este problema también se hubiera podido resolver proyectando a partir de la vista de frente.

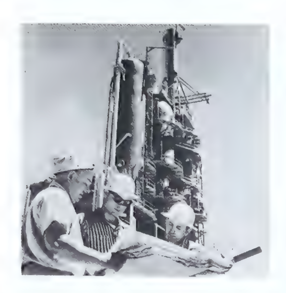


Fig. 9-31. El diseño de una planta de procesamiento como ésta tiene problemas que exigen solución por medio de vistas auxiliares sucesivas. (Cortesía de Standard Oil de New Jersey.)



Fig. 9-32. En sistemas complicados, las tolerancias y distancias óptimas frecuentemente se comprueban analizando maquetas. (Cortesía de Exxon Research de Nueva York.)

cruzan en la vista auxiliar secundaria. Puesto que las rectas 1-2 y 3-4 son sólo segmentos de líneas de longitud indefinida, se pueden prolongar hasta su punto de intersección, como se muestra en el paso 3. Este punto localiza la vista de punta de la recta más corta que se puede trazar con una pendiente del 50 por 100. La recta *LM* se puede proyectar a las vistas de frente y arriba como se indica.

La fig. 9-28 muestra una cantidad de tubos que debieron ser diseñados de acuerdo con las especificaciones de inclinación para que el sistema funcionara bajo las condiciones de diseño. La fig. 9-29 muestra un cruce de tránsito complejo en el cual las autopistas se unen con vías intermedias inclinadas. Los problemas de cañerías y alcantarillado deben ser cuidadosamente analizados respecto a las distancias inclinadas entre canales de desagüe y puentes.

9-12 RECTA QUE, PASANDO POR UN PUNTO, CORTE A OTRA EN UN ANGULO DADO

Rara vez es necesario diseñar todas las partes de un mismo sistema. En efecto, para disminuir el costo y la demora, es costumbre utilizar tantas partes normalizadas obtenibles en el comercio como sea posible. Se encuentran uniones normalizadas para unir tuberías, vigas estructurales y otras partes que se presentan en proyectos industriales. Por supuesto, las uniones normalizadas se han diseñado sólo para los ángulos más comúnmente utilizados, puesto que sería económicamente imposible suministrar uniones en rango de 0° a 90°, a intervalos de 1°. En consecuencia, es importante saber cómo diseñar uniones que correspondan a un ángulo dado.

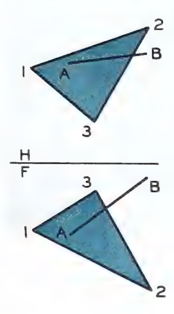
El problema de ejemplo de la fig. 9-30 muestra el procedimiento para trazar una recta que, pasando por un punto, corte a otra de tal manera que forme un ángulo de 45° con ésta. Este procedimiento se podrá emplear en la práctica para diseñar una unión que permita el uso de una unión normalizada. El punto *0* se une con los puntos 1 y 2 para formar el plano 1-2-0 que se encuentra de filo en el paso 1 y en tamaño verdadero en el paso 2. Puesto que este plano está en tamaño verdadero, cualquier recta que una el punto *0* con la recta 1-2 aparecerá en verdadera magnitud en la vista auxiliar secundaria. Por tanto, en el paso 3 se traza la recta *0-P* por el punto *0*, de tal manera que corte la recta 1-2 en un ángulo de 45°. La recta *0-P* se proyecta luego a las vistas dadas.

El diseño de uniones normalizadas es un trabajo común en los complejos de las industrias química y del petróleo, como se muestra en la fig. 9-31. Los detalles de construcción de una refinería o planta de procesamiento son tan complicados que algunas veces exigen el uso de maquetas para ayudar en la solución de problemas de diseño.

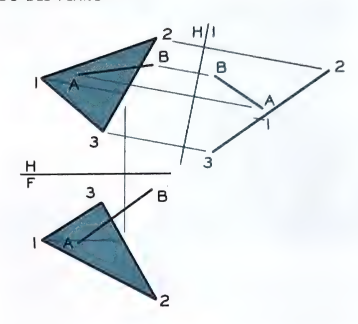
9-13 ANGULO ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO - METODO DEL PLANO

Aunque las uniones normalizadas y los elementos de ferretería podrían considerarse para

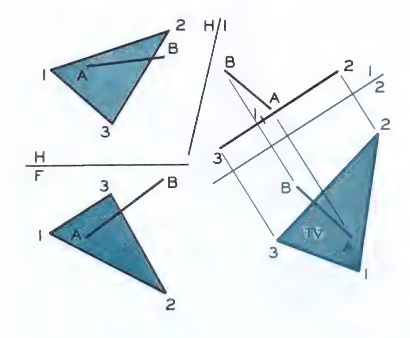
FIG. 9-33. ANGULO ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO. METODO DEL PLANO



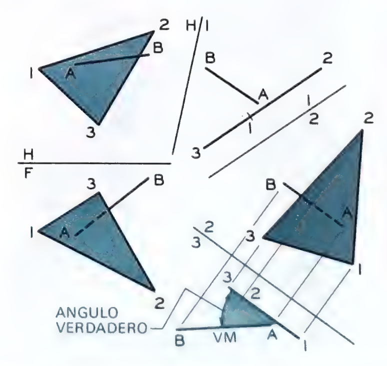
Dadas: Las vistas de frente y de arriba del plano 1-2-3 y la recta *AB*.
Se pide: Encontrar el ángulo entre la recta y el plano y determinar la visibilidad en todas las vistas.
Referencias: Secciones 9-5 y 9-13.



Paso 1: Encuentre la vista de filo del plano, proyectando a partir de la vista de frente o de la de arriba. En este ejemplo se encuentra la vista de filo a partir de la vista de arriba; la recta *AB* también se proyecta a la vista auxiliar. El ángulo no se puede medir en esta vista, puesto que la recta no está en verdadera magnitud.



Paso 2: Encuentre el tamaño verdadero del plano 1-2-3 en una vista auxiliar secundaria proyectada perpendicular a la vista de filo del mismo. La recta *AB* no aparece en verdadera magnitud en esta nueva vista. Trace la recta suavemente, puesto que todavía no se ha determinado la visibilidad.



Paso 3: En cualquier vista proyectada a partir de la vista en que el plano esté en verdadera magnitud, éste aparecerá de filo. Puesto que la recta *AB* debe aparecer también en verdadera magnitud, proyecte una tercera vista auxiliar perpendicular a la recta *AB*. La recta aparecerá en verdadera magnitud y el plano de filo, satisfaciéndose, por tanto, las condiciones para que aparezca el ángulo verdadero entre la recta y el plano y se pueda medir. Se muestra la visibilidad en todas las vistas.



Fig. 9-34. El vehículo submarino de prueba Hidra 5 presentó aplicaciones del método para encontrar el ángulo entre una recta y un plano por medio de vistas auxiliares sucesivas. (Cortesía de Pacific Missile Range, Naval Missile Center.)

unir miembros estructurales a un plano, habrá casos en que sea imposible obtener un ángulo normalizado; por tanto, el diseñador debe ser capaz de encontrar el ángulo entre una recta y un plano para diseñar uniones especiales. Este principio tiene varias aplicaciones; por ejemplo, en los vehículos espaciales, el ángulo entre la línea de vista de un observador y el plano del tablero de instrumentos debe estar dentro de las limitaciones operacionales previamente establecidas. Una recta, además de representar una visual, puede también representar la línea de eje de una tubería, un miembro estructural, una línea potencial o muchos otros elementos.

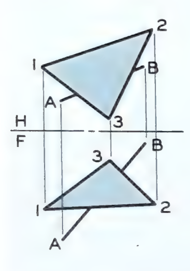
Estos problemas se resuelven estableciendo en dos vistas un segmento del plano en discusión y la recta, como se muestra en la figura 9-33. El plano se encuentra de filo en la vista auxiliar simple del paso 1 y en verdadera magnitud en la vista auxiliar secundaria del paso 2. Puesto que en esta vista el plano está en verdadera magnitud, una vista auxiliar proyectada a partir de ella dará una vista de filo del plano. En el paso 3, el tercer plano auxiliar de referencia, 2-3, se traza paralelo a la recta *AB* para encontrar la verdadera magnitud de esta recta y la vista de filo del plano. El ángulo verdadero entre una recta y un plano se puede medir en una vista en la cual éste aparezca de filo y la recta en verdadera magnitud. Esta condición se satisface en el paso 3 y, por tanto, el ángulo verdadero se puede medir en la tercera vista auxiliar.

Una aplicación de este principio se puede ver en el vehículo de pruebas marítimas Hidra 5. Se ha construido una serie de trípodes a intervalos a lo largo del cuerpo del vehículo. Encontrar el ángulo que un miembro del trípode forma con los otros dos equivale a encontrar el ángulo entre una recta y un plano, puesto que dos rectas que se cortan determinan un plano. Fue necesaria esta información para diseñar los trípodes. Igualmente, para el diseño de los refuerzos conectores se necesitaron los ángulos entre los tirantes redondos y el plano del anillo cilíndrico de la izquierda.

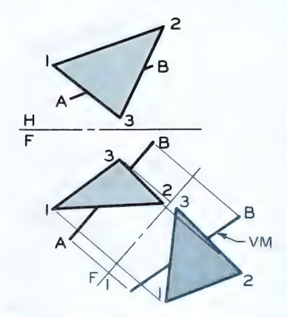
9-14 ANGULO ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO - METODO DE LA RECTA

Un método alterno para encontrar el ángulo entre una recta y un plano es el método de la recta, que se ilustra en la fig. 9-35. En el paso 1 se encuentran la verdadera magnitud de la recta y en el paso 2, su vista de punta. Cualquier vista proyectada a partir de la vista de punta de una recta la mostrará en verdadera magnitud. En la vista auxiliar simple se traza una recta contenida en el plano y que se vea paralela al plano de referencia 1-2. Esta recta se proyecta al plano de la vista auxiliar secundaria, donde aparece en verdadera magnitud sobre el plano 1-2-3. Puesto que *AB* aparece de punta en la vista auxiliar secundaria, en cualquier vista proyectada a partir de ella la recta aparecerá en verdadera magnitud. Por tanto, se puede obtener una vista de filo del plano en una tercera vista auxiliar proyectada de tal manera que la recta en verdadera magnitud contenida en el plano aparezca de punta (paso 3). En esta vista el plano aparece de filo y la recta en verdadera magnitud, lo que hace posible medir el ángulo. El punto de intersección se localiza en cada vista y se determina la visibilidad.

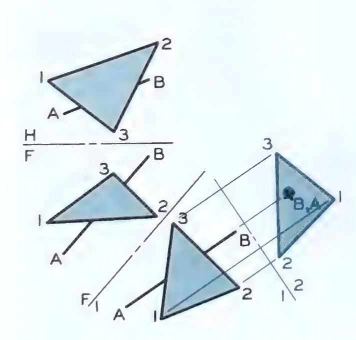
FIG. 9-35. ANGULO ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO. METODO DE LA RECTA



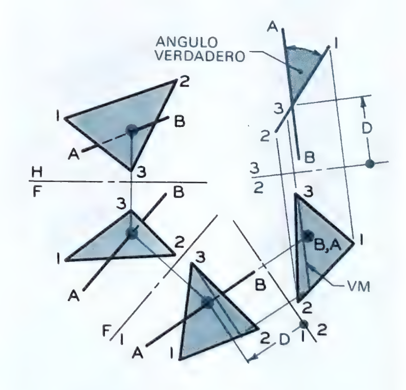
Dadas: Las vistas de frente y de arriba del plano 1-2-3 y la recta *AB*.
Se pide: Encontrar el ángulo entre la recta *AB* y el plano 1-2-3 por el método de la recta.
Referencias: Secciones 9-13 y 9-14.



Paso 1: Encuentre la verdadera magnitud de la recta *AB* en una vista auxiliar simple proyectada a partir de cualquiera de las vistas principales. Proyecte también el plano 1-2-3 a esta vista; sin embargo, éste no aparece en verdadera magnitud en esta vista, excepto en un caso especial.



Paso 2: Proyecte una vista auxiliar secundaria en la cual la recta *AB* aparezca de punta. El plano 1-2-3 no aparecerá en tamaño verdadero, a no ser que la recta sea perpendicular al plano. La vista de punta de la recta en esta vista es también el punto de intersección entre la recta y el plano.



Paso 3: Trace una recta que, contenida en el plano, aparezca en verdadera magnitud en la vista auxiliar secundaria, a partir de la cual se puede hallar la vista de filo del plano en una tercera vista auxiliar. En esta vista, la recta *AB* aparecerá en verdadera magnitud, puesto que está de punta en la vista auxiliar secundaria. Mida el ángulo en la tercera vista auxiliar y determine el punto de intersección y la visibilidad en las vistas anteriores.

9-19 RESUMEN

Las vistas auxiliares sucesivas se pueden emplear con mayor ventaja para perfeccionar diseños preliminares y para encontrar la información necesaria para la terminación y análisis del diseño.

Sería virtualmente imposible hallar muchas de las soluciones estudiadas sin hacer uso de los principios de la geometría descriptiva y los métodos gráficos. El ingeniero y el técnico deben dominar estos métodos para reconocer los problemas que necesitan solución gráfica y que serían difíciles de resolver por otros métodos.

Debe recordarse que las vistas auxiliares son simplemente proyecciones ortogonales que tienen entre ellas las mismas relaciones de las vistas principales. Los fundamentos de la proyección ortogonal se pueden repasar en el capítulo 7. Una comprensión total de estos principios básicos es el requisito para resolver problemas de vistas auxiliares múltiples, puesto que en cada paso de las construcciones se deben analizar las relaciones espaciales antes de proyectar la siguiente vista.

PROBLEMAS

Trabaje los siguientes problemas en papel cuadriculado con cuadros de 5 mm. El método para localizar los puntos de partida de cada problema se muestra en la fig. 9-36. Si se prefiere, los problemas pueden hacerse a escala y sobre papel blanco. Vea la sección 1-19.

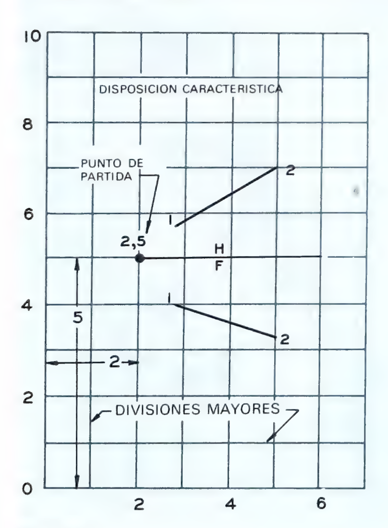


Fig. 9-36

Vista de punta de una recta

1 y 2. Encuentre la vista de punta de las rectas de la fig. 9-37.

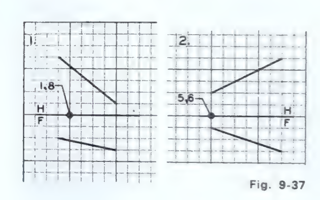


Fig. 9-37

Angulo entre dos planos

3 y 4. En la fig. 9-38 encuentre el ángulo entre los dos planos que se cortan.

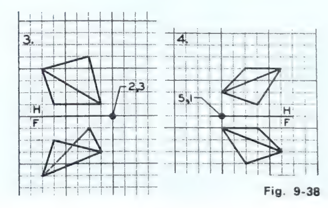


Fig. 9-38

Tamaño verdadero de un plano

5. Encuentre el tamaño verdadero del plano de la fig. 9-39.

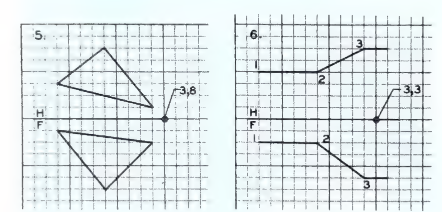


Fig. 9-39

Fig. 9-40

6. En la fig. 9-40 encuentre el ángulo de doblado del punto 2. Encuentre la longitud del tubo del punto 1 al punto 3, teniendo en cuenta la parte curva. El radio de doblado respecto a la línea de eje del tubo es de 1 m. Escala 1 : 50.

Vistas elípticas de un círculo

7. Los puntos 1, 2 y 3 de la fig. 7-41 son puntos sobre la superficie de la tierra localizados verticalmente bajo la trayectoria circular de un satélite. Dibuje la trayectoria en todas las vistas.

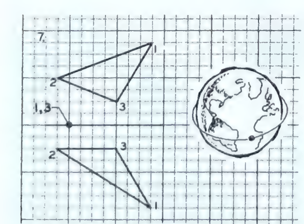


Fig. 9-41

8. La recta 1-2 de la fig. 9-42 representa la línea de eje de un cilindro recto en el cual cada extremo circular es perpendicular al eje. Muestre en todas las vistas este cilindro en 25 mm de diámetro.

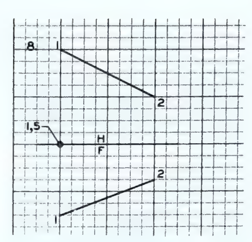


Fig. 9-42

Distancia mínima de un punto a una recta

9. Una tubería debe unirse por medio de una te normalizada de 90° a otro tramo de tubería representado en la fig. 9-43 por la recta 3-4. Encuentre la distancia mínima del punto *O* a la recta 3-4 en la cual se va a colocar la te.

10. En la fig. 9-43 encuentre la distancia mínima del punto *P* a la recta 5-6 y muéstrela en todas las vistas.

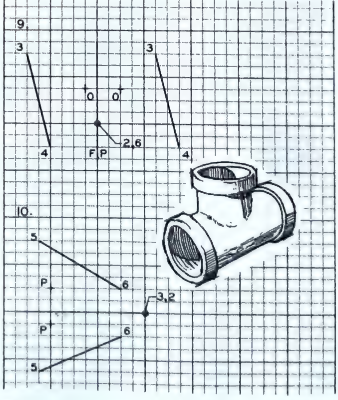


Fig. 9-43

Rectas que se cruzan

11. En la fig. 9-44, las dos rectas que se cruzan representan segmentos aproximadamente rectos de dos líneas de alto voltaje que se cruzan sobre un terreno irregular. Averigüe la distancia entre las dos rectas por el método de la recta. Escala 1 : 100.

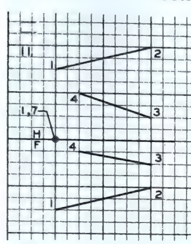


Fig. 9-44

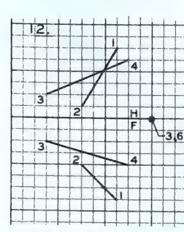


Fig. 9-45

12. Encuentre la distancia mínima entre las rectas de la fig. 9-45, las cuales se cruzan. Emplee el método del plano.

13. En una hoja separada resuelva el problema 12 por el método de la recta.

14. En la figura 9-46 encuentre la distancia horizontal mínima entre las dos rectas que se cruzan y muéstrela en todas las vistas.

15. En una hoja separada, encuentre la distancia mínima con inclinación del 50 por 100 entre las rectas del problema 14.

Recta que, pasando por un punto, corte otra en un ángulo dado

16. En la fig. 9-47 encuentre la distancia mínima del punto *0* a la recta 1-2 y que forme un ángulo de 60° con ésta, permitiendo, por tanto, el uso de uniones normalizadas de ferretería. Trace y resuelva este problema en una hoja separada.

Angulo entre una recta y un plano

17. En la fig. 9-48 encuentre el ángulo entre la recta y el plano dados, utilizando el método del plano. Muestre la correcta visibilidad en todas las vistas.

18. En una hoja aparte encuentre el ángulo entre la recta y el plano dados en el problema 17, empleando el método de la recta. Muestre la correcta visibilidad en todas las vistas.

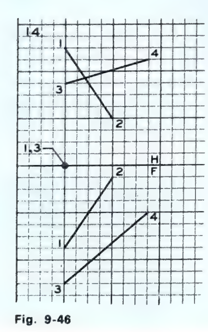


Fig. 9-46

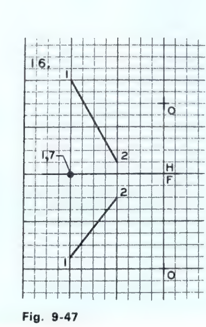


Fig. 9-47

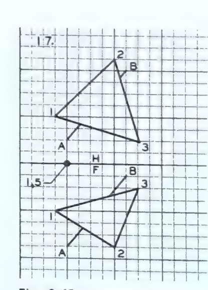


Fig. 9-48



10 ROTACION

10-1 INTRODUCCION

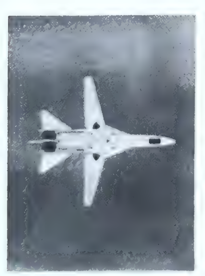
La fig. 10-1 presenta una serie de fotografías que ilustran completamente las diferentes posiciones que pueden asumir las alas del F-111, el primer avión de geometría variable. La posición de las alas varía desde un despliegue de 16° durante el decolaje hasta el repliegue completo de 76° propio para el vuelo supersónico.

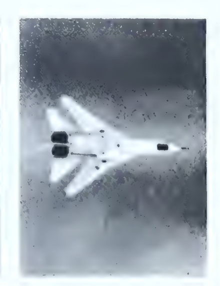
Este avión está en condiciones de realizar cualquier tarea de tipo militar, como aterrizar o despegar en terreno relativamente abrupto, en aeropuertos de campo o en un portaaviones; recorrer grandes distancias o permanecer en vuelo durante mucho tiempo; lanzarse al ataque a más de dos veces la velocidad del sonido; volar a velocidad supersónica a considerable altura o rastreando la superficie; tener alcance transoceánico; con reabastecimiento aéreo, puede llevarse a cualquier parte del mundo en menos de un día.

El desarrollo de un avión de este tipo requirió muchas horas de pruebas, planeación y diseño. El sistema de alas del avión constituye una aplicación del método de rotación en el diseño del avión que le permite asumir posiciones variables durante el vuelo.

La rotación es otro método de resolver problemas que también pueden resolverse, en la

Fig. 10-1. El F-111, primer avión operacional de geometría variable del mundo, incorpora principios de rotación para el diseño de sus alas. (Cortesía de General Dynamics Corporation.)





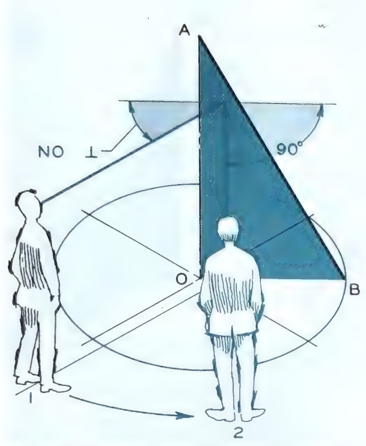



Fig. 10-2. El observador situado en la posición convencional de la vista de frente no verá en verdadera magnitud la recta *AB*, mientras que sí la verá como tal cuando la mire desde la posición 2.

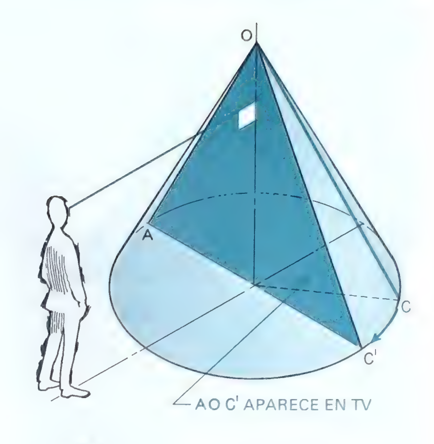


Fig. 10-3. El observador situado en la posición de la vista de frente puede ver la recta *OC* en verdadera magnitud si ésta se rota hasta la posición *OC'*, como si fuera un elemento de un cono.

mayoría de los casos, mediante vistas auxiliares. Algunas veces es más conveniente utilizar el método de rotación en lugar del de vistas auxiliares estudiado en los capítulos 8 y 9. La comprensión del método de revolución reafirmará los conocimientos de vistas auxiliares necesarios en la solución de problemas tridimensionales. Muchos diseños de ingeniería utilizan mecanismos giratorios o rotatorios que deben analizarse, para obtener datos decisivos, mediante el empleo de los principios de rotación.

Las relaciones básicas entre el método de proyección y el de rotación se ilustran en la fig. 10-2, en la cual el observador, situado en el punto 1, está mirando la recta *AB* desde el frente. Obsérvese que la recta *AB* se ha trazado como si fuera un elemento de un cono, siendo la recta *AO* el eje del mismo. El observador del punto 1 no verá la recta en verdadera magnitud, puesto que su línea de vista no es perpendicular al plano *ABO*, el cual contiene la recta. El observador puede cambiar de posición, moviéndose al punto 2, y si mira perpendicularmente al plano *ABO*, entonces verá la recta *AB* en verdadera magnitud. Esto ilustra el método de las vistas auxiliares visto en el capítulo 8. El observador cambia de posición para obtener la vista deseada,

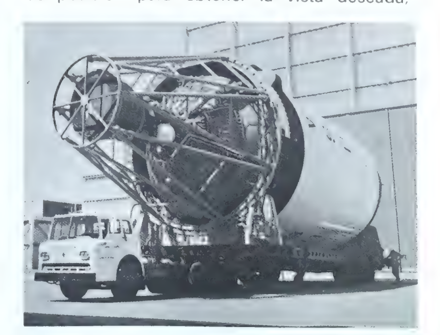


Fig. 10-4. La verdadera magnitud de los miembros estructurales del *Saturn S-IVB* se puede encontrar mediante rotación durante el proceso de perfeccionamiento. (Cortesía de la NASA.)

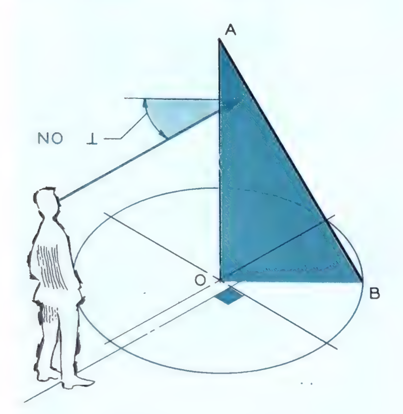


Fig. 10-5. El observador no ve la recta *AB* en verdadera magnitud en la vista de frente porque su línea de vista no es perpendicular al plano *AOB*.

Fig. 10-6. El observador verá la recta *AB* en verdadera magnitud en la vista de frente si ésta se rota sobre el plano horizontal hasta que tome la posición de una recta frontal *AB'*.

en tanto que el objeto observado permanece fijo.

El observador colocado en la posición 1 de la fig. 10-2 podría obtener la verdadera magnitud de la recta, si ésta gira en tanto que él permanece sin moverse. Para demostrar este principio, en la fig. 10-3 se ha rotado la recta *OC* hasta quedar contenida en el plano *AOC*, que es perpendicular a la línea de vista del observador. Un observador cuya línea de vista es perpendicular al eje de un cono, siempre verá en tamaño y magnitud verdaderos una sección triangular de éste. En este caso, el observador está situado en la posición convencional de la vista de frente y está mirando una línea oblicua que no aparece en verdadera magnitud en esta vista. El punto *C* se rota sobre el plano horizontal de la base hasta que coincide con el plano frontal *AOC'* en verdadera magnitud. El observador no se ha movido, pero la recta se ha rotado hasta un plano perpendicular a su línea de vista. En el método de las vistas auxiliares, el observador cambia de posición, mientras que en el método de rotación, la recta se gira a una nueva posición y el observador no se mueve.

10-2 VERDADERA MAGNITUD DE UNA RECTA EN LA VISTA DE FRENTE POR ROTACION

El *Saturn S-IVB*, que se muestra en la figura 10-4, tiene una forma cónica formada por miembros estructurales que se intersecan. Las longitudes de éstos y los ángulos que forman con los planos circulares de los extremos se pueden encontrar aplicando principios de rotación, o bien aplicando principios de vistas auxiliares. El procedimiento para esto se desarrolla en la siguiente explicación.

En la fig. 10-5, el observador está situado en la posición convencional de la vista de frente y está mirando la recta oblicua *AB*. Su línea de vista no es perpendicular al plano *ABO*, que contiene la recta; por tanto, la recta *AB* no se verá en verdadera magnitud en la vista de frente. Por tanto, se rota esta recta como si fuera un elemento de un cono (figura 10-6); el punto *B* se mueve sobre un

plano horizontal y el punto *A* permanece fijo al vértice del cono imaginario. La recta *AB* aparece ahora en verdadera magnitud, puesto que se ha rotado hasta el plano frontal, que es perpendicular a la línea de vista del observador. Para encontrar la verdadera magnitud de la recta en la vista de frente, se le ha rotado paralelamente al plano horizontal, que aparece de filo en la vista de frente.

En la fig. 10-7, la verdadera magnitud de otra recta, 1-2, se encuentra en la vista de frente, rotándola paralelamente al plano horizontal. La parte A muestra las vistas de arriba y de frente de una recta oblicua, 1-2. El punto 1 se usa como vértice de un cono. En la parte B, la media vista de arriba del cono se traza empleando la recta 1-2 como radio. La vista de frente del cono se proyecta a partir de la vista de arriba. En la parte *C*, la recta 1-2 de la vista de arriba se rota hasta el plano frontal del cono y se encuentra su proyección en la vista de frente. Puesto que la recta 1-2 se ha rotado hasta el plano frontal, su verdadera magnitud se encuentra en la vista de frente, en la cual es un elemento extremo del cono. El punto 2 se mueve sobre el plano horizontal, de tal manera que la altura

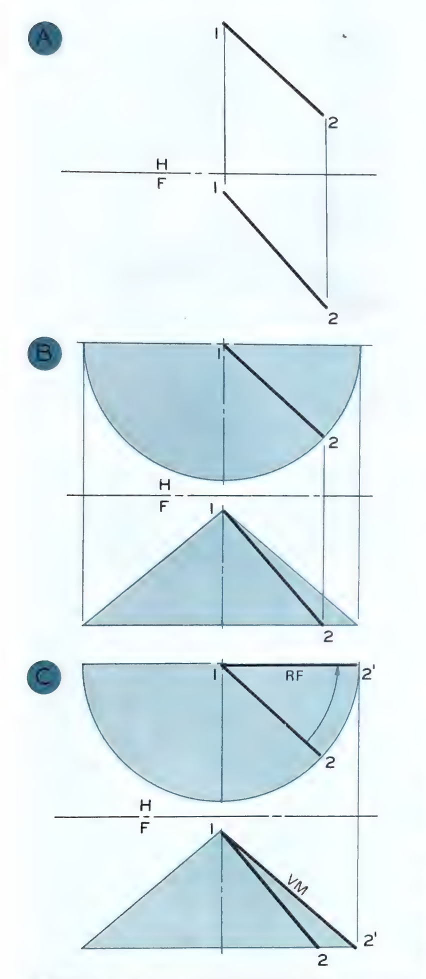
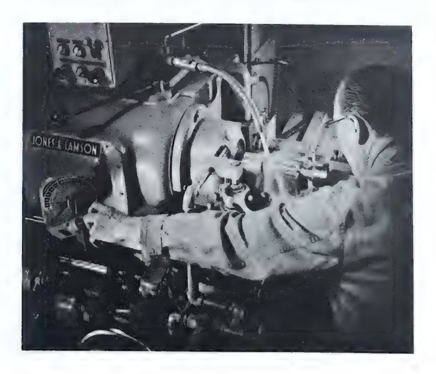


Fig. 10-7. Determinación en la vista de frente de la verdadera magnitud de una recta por rotación.

Fig. 10-8. La manija de la palanca de velocidad de este torno se diseñó mediante los principios de la rotación y considerando los factores humanos. (Cortesía de Jones and Lamson Corporation.)



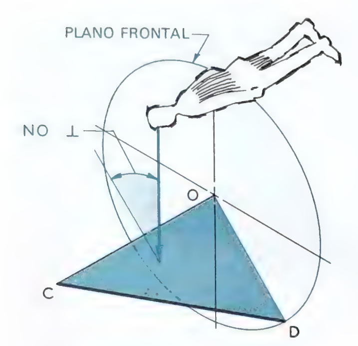


Fig. 10-9. El observador no ve la recta *CD* en verdadera magnitud en la vista de arriba.

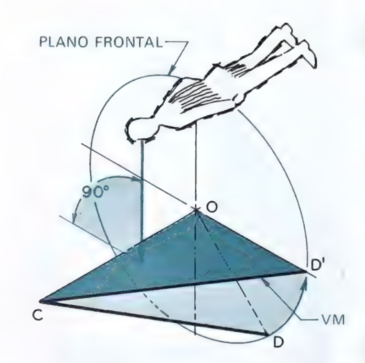


Fig. 10-10. El observador verá la recta *CD* en verdadera magnitud en la vista de arriba si ésta se rota sobre el plano frontal hasta que tome la posición de una recta horizontal *CD'*.

entre los puntos 1 y 2 no varíe. Por tanto, la vista de frente del punto 2′ se encuentra proyectando horizontalmente el punto 2 de la vista de frente hasta que corte la línea de proyección del punto 2′ de la vista de arriba.

10-3 VERDADERA MAGNITUD DE UNA RECTA EN LA VISTA DE ARRIBA POR ROTACION

La manija para operar el control de velocidades del torno de la fig. 10-8 permite al operador aplicar el principio de rotación de una recta alrededor de un eje. La manija se ha colocado teniendo en cuenta los factores humanos que implican la operación del torno y la posición del operario.

Cuando un observador mira una recta en la vista de arriba, ésta aparecerá en verdadera magnitud si está contenida en un plano horizontal. En la fig. 10-9 la recta *CD* no se ve en verdadera magnitud en la vista de arriba, puesto que no es horizontal, lo cual hace que la línea de vista del observador no sea perpendicular al plano *OCD′*, como se muestra en la fig. 10-10.

En la parte A de la fig. 10-11 se muestran las vistas ortogonales de la recta *CD*. La vista de frente de esta recta se emplea como radio para trazar la vista de frente del cono que resulta cuando el punto *D* se rota paralelamente al plano frontal (parte B). La vista triangular del cono en la vista de arriba se construye por proyección, como se muestra en la parte B. La recta *CD* se rota en la vista de frente hasta la posición *CD′*, en la cual aparece horizontal (parte C). La recta es entonces el elemento extremo del cono de la vista de arriba, donde aparece en verdadera magnitud. Obsérvese que los puntos *D* y *D′* están en la vista de arriba sobre el mismo plano frontal. El punto D′ se encuentra proyectando paralelamente al plano de referencia H-F hasta intersecar la línea de proyección de la vista de frente.

La fig. 10-12 muestra un crisol que gira alrededor de un eje, que vierte aluminio para hacer lingotes. Como se observa en la fotografía, la línea de centro del surtidor gira alrededor de su eje, paralelamente al plano frontal de proyección. Se analizaron el diseño de este crisol y su sistema de operación por medio de los principios de rotación para averiguar sus límites de operación.

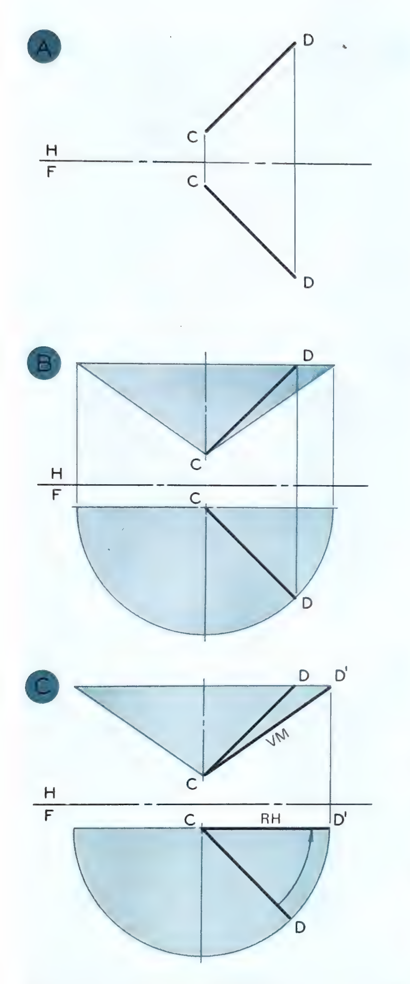


Fig. 10-11. Determinación en la vista de arriba de la verdadera magnitud de una recta por rotación.

10-4 VERDADERA MAGNITUD DE UNA RECTA EN LA VISTA DE LADO POR ROTACION

Como se muestra en la fig. 10-13, el observador que mire la recta *EF* desde la posición convencional de la vista de lado derecho la verá acortada, puesto que su línea de vista no es perpendicular al plano *EFO*. Cuando la recta se rota sobre la vista de filo del plano frontal (fig. 10-14) hasta que queda paralela al plano de perfil, el observador la verá en verdadera magnitud desde su posición convencional de la vista de perfil.

En la fig. 10-15 se muestran las proyecciones ortogonales y las rotaciones de la recta *EF*. Para que la recta aparezca en verdadera magnitud en la vista de lado de la parte A, se rota en la vista de frente como si fuera un elemento de cono (parte B). La vista circular del cono se proyecta a la vista de lado, donde se ve en su forma triangular. En la parte C, el punto *F* se rota hasta *F'* en la vista de frente y se proyecta a la vista de lado, donde la recta es el elemento extremo del cono y aparece en verdadera magnitud, ya que en esta posición es una vista de perfil.

Fig. 10-12. Este crisol, usado para vaciar lingotes de aluminio de 350 kg., se diseñó para que rote alrededor de un eje hasta la posición necesaria para el flujo eficiente de metal. (Cortesia de ALCOA.)



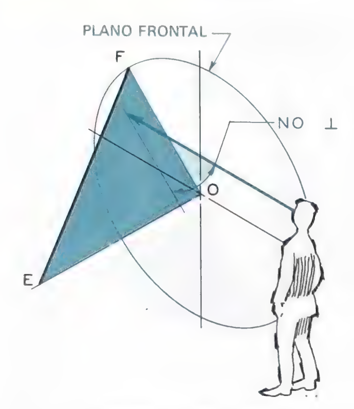


Fig. 10-13. El observador no verá en verdadera magnitud la recta *EF* en la vista de perfil, puesto que su línea de vista no es perpendicular al plano *EFO*.

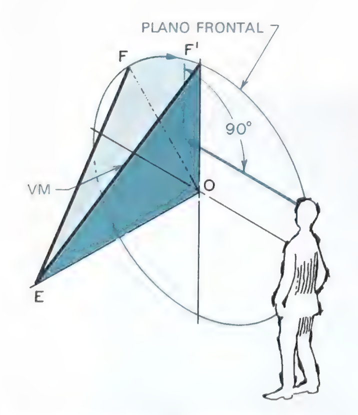


Fig. 10-14. El observador verá en verdadera magnitud la recta *EF* cuando ésta se rote hasta la posición *EF'*, que es paralela al plano de perfil.

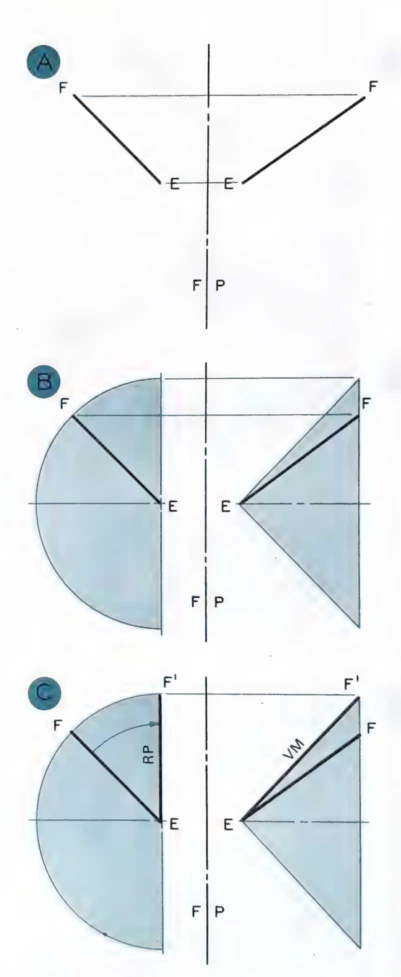


Fig. 10-15. Determinación en la vista de lado de la verdadera magnitud de una recta por rotación.

Debe observarse que la verdadera magnitud de una recta puede averiguarse por rotación en cualquier vista cuando se dan dos vistas adyacentes. La verdadera magnitud de la recta *EF* podría haberse hallado en la vista de frente de la fig. 10-15 rotando la recta hasta una posición en la cual fuera paralela al plano frontal, en vez de ser paralela al plano de perfil. En los ejemplos anteriores se ha rotado la recta alrededor de uno de sus extremos porque ésta es una manera fácil de presentar los principios de la rotación. Sin embargo, se habría podido rotar la recta perfectamente alrededor de cualquier punto de su longitud.

El equipo portátil de trabajo y la bomba de la fig. 10-16 ilustran la rotación alrededor de un eje. Se analizó el diseño de cada uno de estos aparatos mediante los principios de rotación para perfeccionar y desarrollar funciones operacionales.

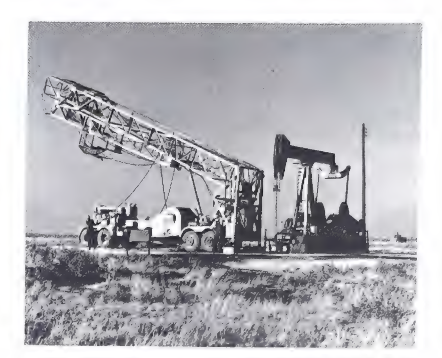


Fig. 10-16. Este equipo portátil de trabajo y la bomba son ejemplos de mecanismos que se diseñan para girar alrededor de un eje en una variedad de posiciones. (Cortesía de Humble Oil and Refining Company.)

10-5 ANGULOS ENTRE UNA RECTA Y LOS PLANOS PRINCIPALES POR ROTACION

El proceso de vaciado de metal caliente en el convertidor básico inclinable de la fig. 10-17 muestra la rotación de una recta para formar un ángulo especificado con un plano principal. El convertidor se inclina a un ángulo deseado con este plano imaginario para recibir mejor la carga de metal fundido.

Debe recordarse que el ángulo entre una recta y un plano aparece en verdadera magnitud en una vista en la cual el plano aparezca de filo y la recta en verdadera magnitud. En todas las vistas, dos planos principales aparecen de filo; por tanto, cuando una recta aparece en verdadera magnitud en una vista principal, podrá medirse el ángulo entre la recta y por lo menos uno de los planos principales.

Como se muestra en la fig. 10-18, una recta puede rotarse para encontrar su verdadera magnitud en cualquier vista principal. Puesto que el plano horizontal aparece de filo en la vista de frente, el ángulo verdadero entre este plano y la recta oblicua, 1-2, se puede encontrar averiguando por rotación la verdadera magnitud de la recta en la vista de frente, como se muestra en la parte A. El plano frontal aparece de filo en la vista de arriba (parte



Fig. 10-17. Estos dos aparatos para fundición se diseñaron para que giren hasta una posición que permita el vaciado de metal fundido. (Cortesía de la Sociedad Minera El Teniente, S. A., Chile.)

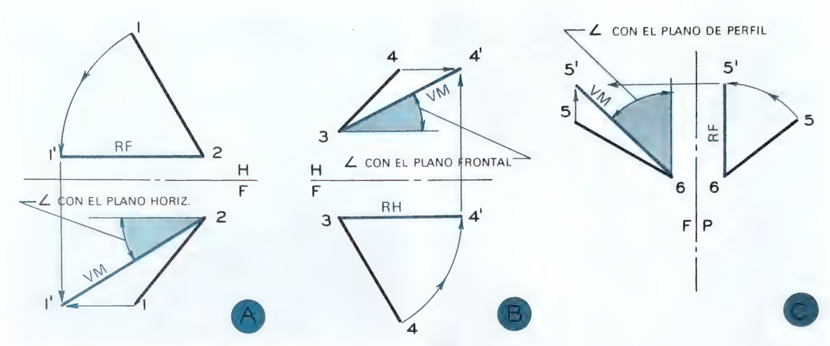


Fig. 10-18. Determinación de ángulos entre rectas y planos principales.

B). El ángulo entre la recta 3-4 y el plano frontal se puede encontrar en la vista de arriba, rotando el punto 4 hasta una posición horizontal en la vista de frente y proyectándolo para encontrar la verdadera magnitud de la recta 3-4, como se muestra en la parte B.

El ángulo entre la recta 5-6 y el plano de perfil se puede encontrar en la vista de frente, en la cual este plano aparece como un filo vertical (parte C). La recta 5-6 se rota en la vista de lado hasta que sea una recta frontal y entonces se proyecta a la vista de frente. La verdadera magnitud de la recta se encuentra en la vista de frente, proyectando el punto 5 paralelamente a la vista de filo del plano de perfil hasta que corte la línea de proyección del punto 5′ de la vista de lado. El ángulo que la recta 5-6′ forma con el plano de perfil se puede medir en la vista de frente.



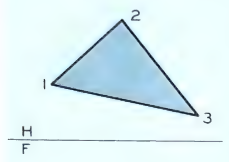
Fig. 10-19. Este camión Haulpak de 45 toneladas se diseñó para permitir la rotación de la cuchara alrededor de un eje, como lo exigía su operación funcional. (Cortesía de LeTourneau-Westinghouse Corporation.)

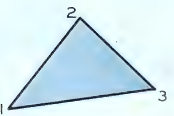
10-6 TAMAÑO VERDADERO DE UN PLANO POR ROTACION

Un plano se puede rotar alrededor de un eje hasta que aparezca en verdadera magnitud, de la misma manera que la cuchara de un volquete gira alrededor de un eje (fig. 10-19). El principio para rotar un plano está muy relacionado con la rotación de una recta cuando el plano que se va a rotar está de filo.

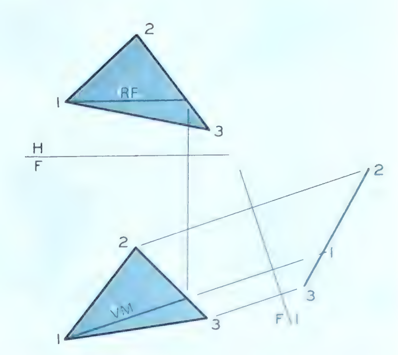
En la fig. 10-20 se muestran los pasos necesarios para encontrar el tamaño verdadero de un plano por rotación mediante una combinación de vistas auxiliares y métodos de rotación. En la vista auxiliar simple, en la que una recta contenida en el plano aparece de punta, se encuentra la vista de filo del plano (paso 1). Como esta vista de filo aparece inclinada con respecto al plano F-1 en esta vista, el plano se rota en la vista auxiliar hasta

FIG. 10-20. TAMAÑO VERDADERO DE UN PLANO POR ROTACION

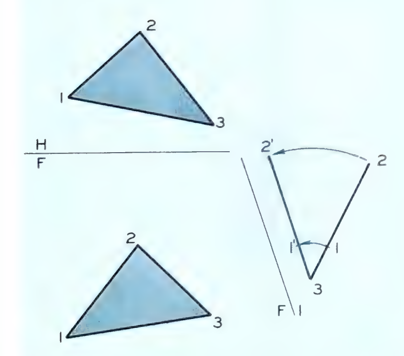




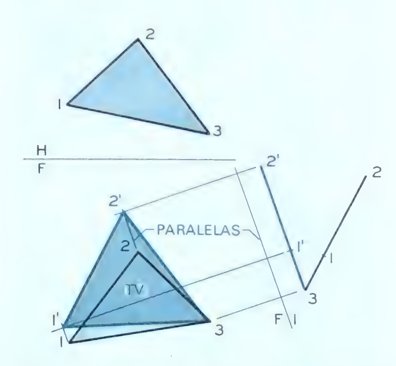
Dadas: Las vistas de frente y de arriba del plano 1-2-3.
Se pide: Encontrar por rotación el tamaño verdadero del plano.
Referencias: Secciones 8-9 y 10-6.



Paso 1: Trace una recta contenida en el plano 1-2-3 y que aparezca en verdadera magnitud en la vista de frente. Puesto que el plano aparecerá de filo en una vista en que la recta en verdadera magnitud aparezca de punta, trace una vista auxiliar del plano a partir de la vista de frente y que cumpla con esta condición. La vista de filo podría también proyectarse a partir de la vista de arriba.



Paso 2: Rote la vista de filo del plano alrededor de un eje que pase por el punto 3, hasta que el plano sea paralelo al plano *F*-1. El plano 1'-2'-3' aparecerá en verdadera magnitud al proyectarlo a la vista de frente, puesto que en la vista auxiliar se ha rotado hasta que sea paralelo al plano frontal de proyección.



Paso 3: Proyecte los puntos rotados 1' y 2' a la vista de frente. Lo calice los puntos 1' y 2' en esta vista, trazando rectas a partir de los puntos iniciales, 1 y 2, paralelas al plano *F*-1, ya que, en el paso 2, el plano se rotó paralelamente al plano auxiliar.

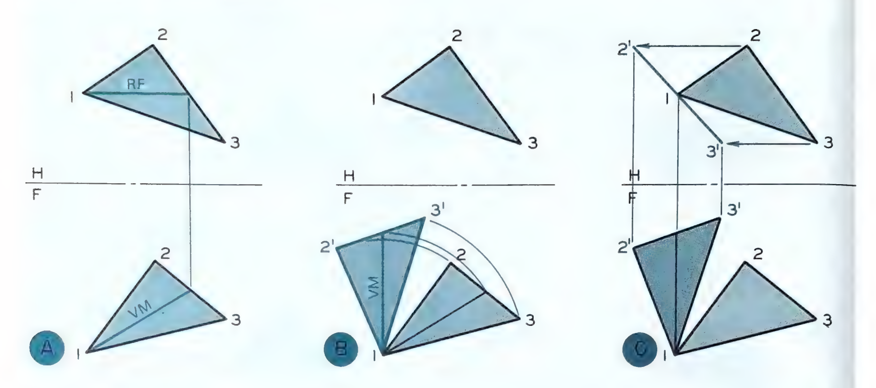


Fig. 10-21. Determinación de la vista de filo de un plano por rotación.

que quede paralelo a F-1 en el paso 2. Se puede escoger cualquier punto como eje de rotación, puesto que el plano se rota paralelamente al plano auxiliar, el tamaño verdadero de aquél se obtiene proyectando los puntos originales de la vista de frente paralelamente al plano F-1 hasta que corten las líneas de proyección de los puntos 1′ y 2′. Estos puntos de corte determinan en la vista de frente en verdadera magnitud el plano 1′-2′-3′. También podría haberse averiguado el tamaño del plano proyectando la vista de filo a partir de la vista de arriba y rotando el plano en esta vista auxiliar.

10-7 VISTAS DE FILO DE UN PLANO POR ROTACION

La vista de filo de un plano también se puede averiguar por rotación sin usar vistas auxiliares como se hizo en la fig. 10-20. El método de rotación se muestra en la fig. 10-21. En este caso, en la parte A se dan las vistas de frente y arriba del plano 1-2-3. En la vista de arriba se traza una línea frontal contenida en el plano y se proyecta a la vista de frente, en donde aparece en verdadera magnitud. El plano se rota en la vista de frente hasta que la recta en verdadera magnitud sea vertical (parte B). La recta en verdadera magnitud se proyectará de punta a la vista de arriba. En la parte C se encuentra la vista de filo del plano, proyectando en la vista de arriba los puntos iniciales, 2 y 3, paralelamente al plano de referencia H-F hasta que corten las líneas de proyección de los puntos rotados, 2′ y 3′, de la vista de frente. Esto se puede hacer, puesto que el plano se rotó paralelamente al plano frontal.

Algunas veces se puede hacer una segunda rotación, generalmente llamada *doble revolución*, para que el plano de filo de la vista de filo sea paralelo a la vista de filo del plano frontal. Puesto que los planos frontales aparecen en tamaño verdadero en la vista de frente, se puede hallar el tamaño verdadero del plano utilizando un método análogo al estudiado en los pasos necesarios de la fig. 10-20. Este último paso no se muestra en la figura, puesto que es una aplicación aparente de un principio ya estudiado.

La nave espacial *Surveyor* de la fig. 10-22 contiene muchas relaciones complejas entre rectas y planos que se estudiaron en gran detalle, de tal manera que se pudiera perfeccionar la estructura antes de analizarla y construir-

la. En algunos casos, las verdaderas magnitudes de las rectas se encontraron con menos dificultad por rotación que utilizando vistas auxiliares. La determinación de los tamaños verdaderos de los planos fue necesaria para completar las especificaciones de diseño. Los métodos que se verán en las secciones siguientes también pueden ser útiles en el diseño de una estructura espacial de este tipo.

10-8 ANGULOS ENTRE DOS PLANOS POR ROTACION

En la fig. 10-23A, la línea de intersección de los dos planos dados está en verdadera magnitud en la vista de arriba. El plano del ángulo entre los dos planos aparece de filo en esta vista, puesto que es perpendicular a la línea de intersección en verdadera magnitud. Los puntos 1, 2 y 3 del plano del ángulo se proyectan a la vista de frente en la cual dicho plano aparece acortado (parte B). El tamaño verdadero de este plano se puede encontrar en la vista de frente, rotando, en la vista de arriba, la vista de filo del plano hasta que tome la posición del plano frontal (parte C). Los puntos 1, 2 y 3 se proyectan de la vista de arriba a la vista de frente y

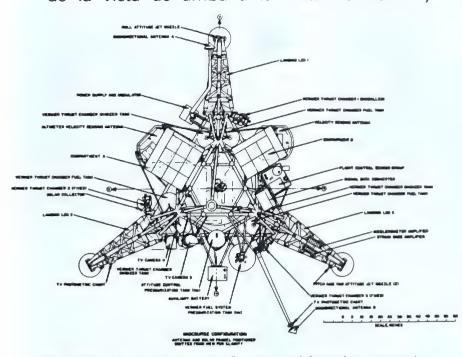


Fig. 10-22. El vehículo espacial *Surveyor* está formado por estructuras complejas de longitudes, ángulos y formas diversas. Los principios de la rotación se pueden utilizar para averiguar las longitudes y los tamaños verdaderos durante el diseño y desarrollo del vehículo. (Cortesía de la NASA.)

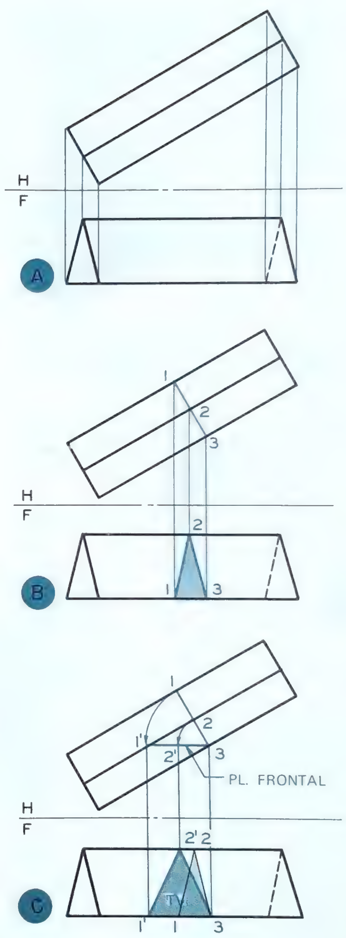


Fig. 10-23. Determinación por rotación del ángulo entre dos planos.

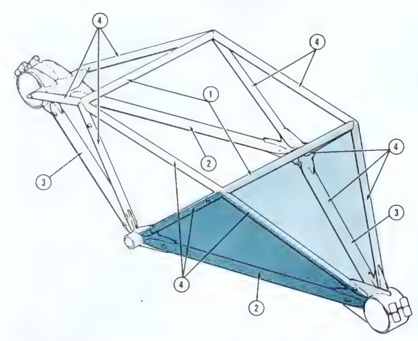


Fig. 10-24. Las medidas de los ángulos entre dos planos cualesquiera de este soporte para el motor de un helicóptero se pueden determinar por medio de los principios de la rotación. (Cortesía de Bell Helicopter Corporation.)

se localizan en los mismos planos horizontales de los puntos iniciales en la vista acortada. El ángulo 1′-2′-3′ aparece en verdadera magnitud en la vista de frente.

Frecuentemente, la línea de intersección entre dos planos que se cortan no aparece en verdadera magnitud en una vista principal. Este es el caso de la fig. 10-24, la cual muestra la estructura para montar el motor de un helicóptero. Para determinar el diseño de las juntas y para analizar los espacios del interior de la estructura, debe encontrarse el ángulo entre los planos.

En las vistas de frente y arriba de los planos de la fig. 10-25A, la línea de intersección no aparece en verdadera magnitud en ninguna de ellas. Esta verdadera magnitud se encuentra en una vista auxiliar simple proyectada perpendicularmente a la línea de intersección de la vista de techo. El plano que contiene el ángulo entre los planos se proyecta de filo y es perpendicular a la recta de intersección en verdadera magnitud (parte B). El plano 1-2-3 se proyecta a la vista de arriba donde aparece acortado. La vista de filo del plano 1-2-3 se rota, en la vista auxiliar simple, alrededor del eje 3-1 hasta que sea paralela al plano H-1 (parte C); entonces se proyecta a la vista de arriba. El ángulo 1-2′-3 aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba, una vez que se ha localizado el punto 2, por proyección del punto 2 paralelamente al plano H-1.

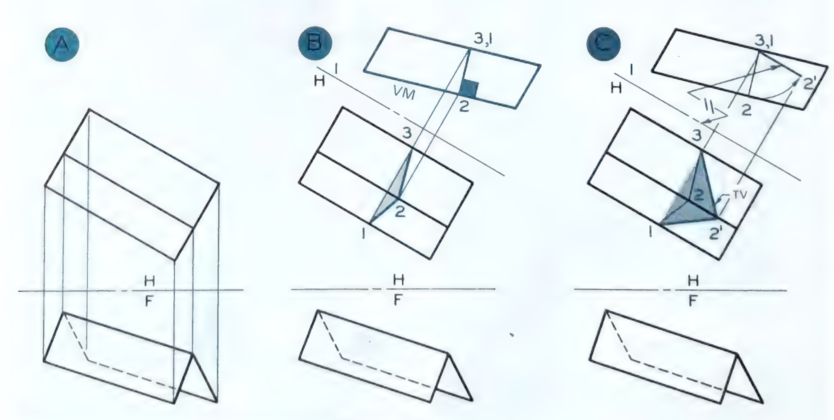


Fig. 10-25. Determinación del ángulo entre dos planos oblicuos por rotación.

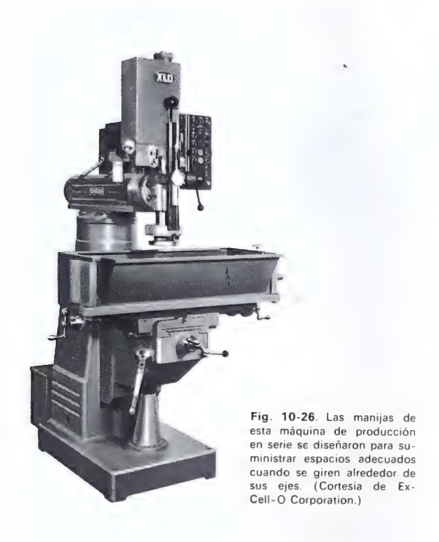


Fig. 10-26. Las manijas de esta máquina de producción en serie se diseñaron para suministrar espacios adecuados cuando se giren alrededor de sus ejes. (Cortesia de Ex-Cell-O Corporation.)

10-9 ROTACION DE UN PUNTO ALREDEDOR DE UN EJE OBLICUO

Los volantes y manijas son medios mecánicos para ajustar cualquier tipo de máquina, ya sea de uso doméstico o un equipo para producción en serie, tal como la máquina de la fig. 10-26. Obsérvese que las manijas se han situado de manera que sean accesibles al operador y tengan a la vez suficiente espacio respecto a los otros elementos de la máquina. Los principios de rotación se aplican a estos mandos manuales en los pasos iniciales de su diseño. Los mismos principios se pueden aplicar para la localización de una línea de potencia con respecto a otra, rotando un punto de un alambre alrededor del eje del otro para averiguar la separación mínima.

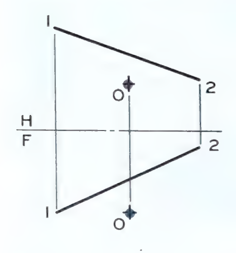
En la fig. 10-27 se explica la rotación de un punto alrededor de una recta. Se dan las vistas de frente y arriba del eje 1-2 y del punto *O* que se desea rotar. Este punto se va a rotar hasta su posición más elevada para encontrar su localización en las vistas dadas y sus relaciones con los elementos adyacentes.

La trayectoria circular de la rotación del punto *O* alrededor de la recta 1-2 se puede obtener en la vista en la cual dicha recta aparezca de punta (paso 1). En el paso 2, en las dos vistas dadas se traza la recta 1-3 en dirección hacia arriba para encontrar la posición más elevada que puede tomar el punto *O*. Esta línea de dirección se proyecta a la vista auxiliar simple, en la cual se localiza sobre la trayectoria circular el punto más elevado. El punto *O'*, el punto más elevado de la trayectoria, se localiza en cada vista, proyectando a las vistas auxiliar simple, de frente y de arriba (paso 3). Las distancias con respecto a los planos de referencia se usan para localizar exactamente estas vistas del punto. Obsérvese que la trayectoria circular de éste se proyecta a la vista auxiliar simple como un filo perpendicular al eje 1-2. Los principios de proyección del capítulo 7, que comprenden las direcciones adelante, atrás, arriba, abajo, a la derecha y a la izquierda, deberán repasarse si es necesario, puesto que ellos se emplean para localizar las posiciones de los puntos que se rotan alrededor de un eje dado.

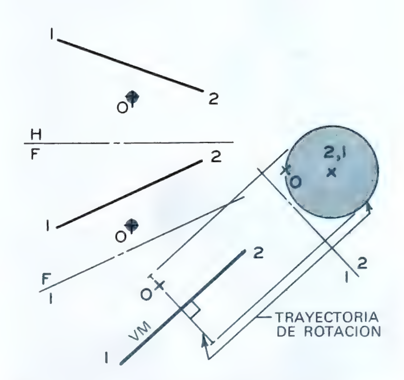
Las trayectorias elípticas del punto *O* se pueden trazar en las vistas principales, aplicando los principios vistos en la sección 9-6. El ángulo de la elipse de la vista de frente para escoger la plantilla es el ángulo formado por la línea de vista de la proyección frontal y la vista de filo de la trayectoria circular de rotación. El ángulo de la elipse de la vista de arriba se encuentra en una vista auxiliar proyectada a partir de ésta y en la cual el eje aparezca en verdadera magnitud y la trayectoria circular del filo perpendicular al eje. El ángulo formado por la línea de vista de la proyección horizontal y la vista de filo de la trayectoria circular establece el ángulo de la elipse que se usa para escoger la plantilla correspondiente para trazar la elipse en la vista de arriba.

Se hubiera podido localizar el punto en cualquier posición pedida, tal como la posición más elevada, más baja o más adelante, trazando en las vistas principales una recta con la dirección pedida y luego proyectándola a las demás vistas. El punto estaría localizado

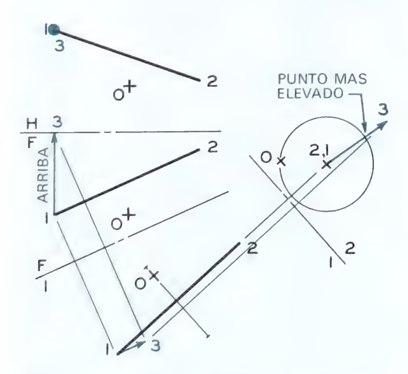
FIG. 10-27. ROTACION DE UN PUNTO ALREDEDOR DE UN EJE



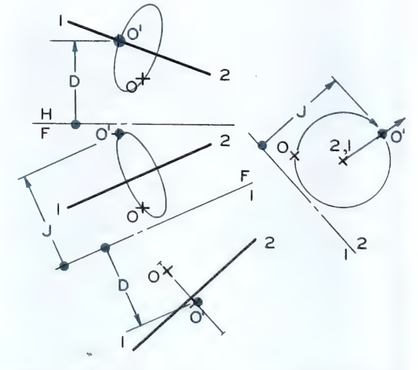
Dadas: Las vistas de frente y de arriba del eje 1-2 y el punto *O*.
Se pide: Rotar hasta su punto más elevado el punto *O* alrededor del eje y mostrarlo en todas las vistas.
Referencias: Secciones 7-3, 9-3, 9-6 y 10-9.



Paso 1: Localice en una vista auxiliar simple el eje 1-2 en verdadera magnitud y en una vista auxiliar secundaria su vista de punta. Proyecte el punto *O* a estas vistas. Usando como radio la distancia del punto *O* a la vista de punta del eje, trace en la vista auxiliar secundaria la trayectoria de rotación del punto. Esta trayectoria aparece de filo en la vista auxiliar simple.



Paso 2: Encuentre el punto más elevado de la trayectoria, construyendo la recta 1-3 hacia arriba en la vista de frente y proyectándola de punta a la vista de arriba. Proyecte esta recta a las vistas auxiliar simple y auxiliar secundaria. El punto en que esta recta corta la trayectoria circular localiza la posición más elevada de la trayectoria del punto *O*.



Paso 3: Proyecte el punto *O'* de la vista circular hacia las demás vistas. Obsérvese que el punto más elevado, *O'*, aparece sobre la recta 1-2 de la vista de arriba, lo cual comprueba que está en su posición más alta. Este problema también se hubiera podido resolver proyectando a partir de la vista de arriba. La trayectoria de rotación aparece elíptica en las vistas de frente y de arriba.

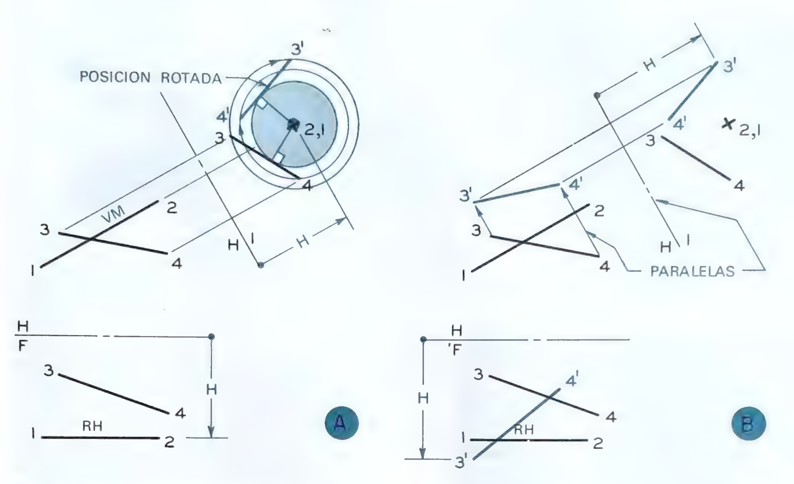


Fig. 10-28. Rotación de una recta alrededor de un eje.

sobre el punto de la trayectoria indicado por la línea de dirección trazada en las vistas principales.

10-10 ROTACION DE UNA RECTA ALREDEDOR DE UN EJE

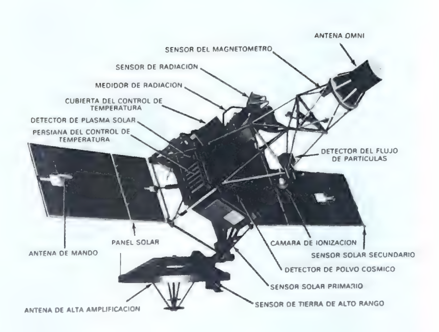
Una recta se puede rotar alrededor de otra, como se muestra en la fig. 10-28, si la recta utilizada como eje aparece de punta. En la parte A de la figura se encuentra la vista de punta de la recta 1-2 en una vista auxiliar simple, puesto que en la vista de arriba está en verdadera magnitud. Haciendo centro en el eje de punta 1-2, se traza una circunferencia que va tangente a la recta 3-4. Cada extremo de la recta se rota el número de grados pedido y se traza en su nueva posición, como se muestra en la parte A. La vista de arriba de la recta 3'-4' se encuentra proyectando paralelamente al plano H-1 los puntos iniciales 3 y 4 de esta vista, como se muestra en la parte B. Estas proyecciones cortarán las líneas de proyección trazadas a partir de la vista auxiliar simple. La vista de frente se obtiene proyectando a partir de la vista de arriba y llevando de la vista auxiliar simple a ésta las distancias verticales, como se muestra en la parte A.

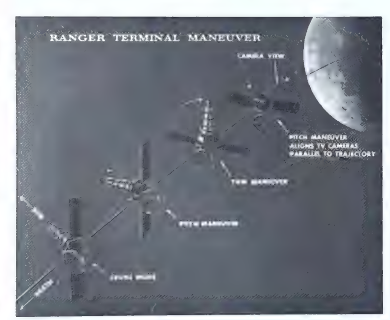
Una aplicación muy relacionada con este principio es la rotación de un plano alrededor de un eje para formar un sólido o un cascarón. Un ejemplo de cascarón es la antena de sondeo de la fig. 10-29. Este cascarón es parabólico y se genera por la rotación de una parábola alrededor de su eje de simetría.

La orientación de un vehículo espacial por señales de mando provenientes de la Tierra es una aplicación de la teoría de la rotación; el vehículo gira alrededor de un eje hasta una posición determinada. En la fig. 10-30 el vehículo espacial *Ranger* rota para colocar sus cámaras en una posición tal que se puedan obtener fotografías de la superficie lunar suficientemente nítidas y para determinar la presencia de elementos radiactivos. La fotografía del sitio de alunizaje del *Ranger*, que aparece



10-29





10-30



10-31

en la fig. 10-31, fue tomada por medio de un telescopio en septiembre de 1919. Gracias a los exitosos vuelos del *Ranger* y otros vehículos espaciales, ahora se tienen otos muy claras de la superficie lunar. La trayectoria del *Ranger* fue controlada por señales de mando que la hacían girar alrededor de sus tres ejes mediante maniobras de cabeceo, derrote, giro y rolido. Obsérvese que la antena de la fig. 10-30 ha sido diseñada para que mantenga una posición constante, de tal manera que reciba las señales de mando de la Tierra aun cuando el vehículo espacial gire.

La contribución del proyecto *Ranger* a la tecnología espacial fue, ante todo, un instrumento para el desarrollo del vehículo espacial *Mariner* 2, que aparece en la fig. 10-32. El *Mariner* 2 fue el primer vehículo espacial hecho por el hombre que viajó con éxito al espacio;

Fig. 10-29. Esta antena de 18 m de diámetro se usa para sondeo de precisión de satélites de comunicación. Su forma es generada por la rotación de una parábola alrededor de su eje de simetría (Cortesía de Ryan Aeronautical Company.)

Fig. 10-30. Esta nave *Ranger* gira alrededor de sus tres ejes para colocar sus cámaras y fotografiar la luna. (Cortesía de la NASA.)

Fig. 10-31. Esta fotografía, tomada con la ayuda de un telescopio en setiembre de 1919, es una vista del área de alunizaje probable del *Ranger*. (Cortesía de Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology.)

Fig. 10-32. El *Mariner 2* fue el primer vehículo construido por el hombre que viajó por el espacio a explorar Venus. (Cortesía de la NASA.)

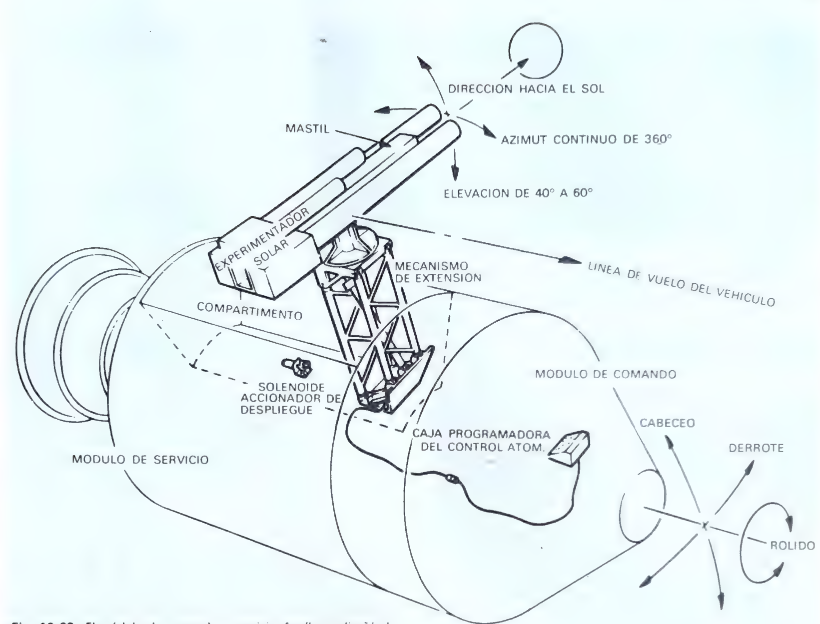


Fig. 10-33. El módulo de comando y servicio *Apollo* se diseñó de manera que se permitiera la rotación automática del telescopio para mantenerlo dirigido hacia el sol cuando el vehículo viaja en el espacio. (Cortesía de la NASA.)

su misión fue explorar Venus y recoger información sobre la temperatura y composición de su nublada atmósfera.

En la fig. 10-33 se muestra un dibujo artístico del sistema atom del módulo de comando y servicio *Apollo*. Se muestran las maniobras de cabeceo, derrote y rolido con respecto a la trayectoria del vehículo. Cabeceo es la rotación hacia arriba y hacia abajo, con respecto a la línea de vuelo del vehículo; derrote es el giro a derecha e izquierda y rolido es la rotación del vehículo en el sentido de su línea de vuelo. Las señales dadas a un módulo serán de rotación alrededor de estos tres ejes, así sea que éstas provengan de la Tierra en forma de ondas de radio o sean dadas por los astronautas que lo ocupan. Los telescopios se montan sobre un mástil que se extiende hacia afuera del módulo de servicio sobre un balancín que puede girar alrededor de dos ejes para corregir automáticamente su posición cuando el vehículo cabecea o derrota. Este sistema se empleará para observar el Sol por medio de los telescopios.

La comprensión de la rotación de sólidos geométricos en el espacio permite el control de las rotaciones de un vehículo espacial en vuelo. Estos principios son parecidos a los de rotación de un punto alrededor de una recta, que se estudiaron en la sección 10-9,

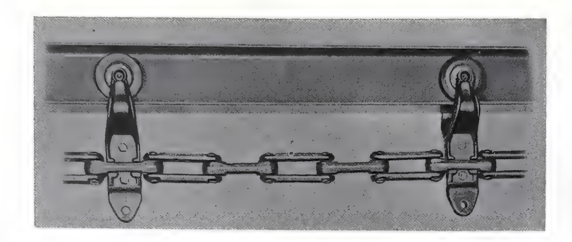


Fig. 10-34. Los rieles aéreos de este sistema transportador se diseñaron de tal manera que el alma del riel se coloque en todo momento sobre un plano vertical.

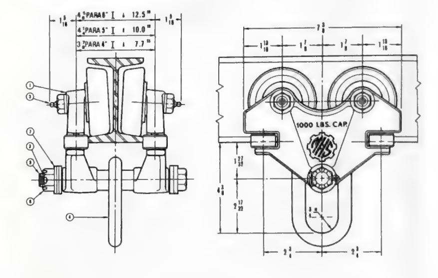


Fig. 10-35. Vista en detalle de un trole que utilizará una carrilera como la que aparece en la fig. 10-34. (Cortesía, con la figura anterior, de Mechanical Handling Systems, Inc.)

y a los de rotación de una recta alrededor de un eje, vistos en esta sección.

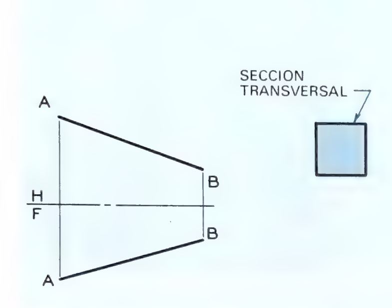
10-11 ROTACION DE UN PRISMA RECTO ALREDEDOR DE UN EJE

El movimiento de materiales en plantas de producción en serie es un problema de ingeniería muy complejo que exige considerable habilidad y experiencia en ingeniería. Muchas plantas emplean líneas automáticas de rieles, que pueden estar en el techo o en el suelo, para transportar materiales hacia los sitios de fabricación. En la fig. 10-34 se muestra un ejemplo de una porción de un sistema aéreo. El riel es una viga en I y los troles se diseñan para desplazarse sobre su ala inferior, como se muestra en la fig. 10-35. Los rieles se diseñan de modo que se puedan suspender de las vigas de la estructura interior de la planta. Es evidente que el sistema de troles trabajará efectivamente sólo cuando la sección transversal de los rieles esté colocada de tal manera que el alma de la viga sea un plano vertical y el ala de la misma un plano horizontal. Si el alma no es vertical, el trole podría hacer contacto con ella y, por lo tanto, no se deslizaría adecuadamente. Por tanto, es necesario diseñar un sistema para suspender los rieles de tal manera que el alma de la viga esté siempre sobre un plano vertical.

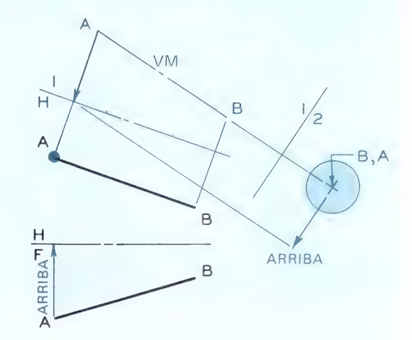
Un problema de este tipo aparece en la fig. 10-36, en la cual se rota un prisma vertical alrededor de un eje hasta que dos de sus planos sean verticales. Este prisma podría representar la viga en I mencionada anteriormente, en donde, para simplificar el dibujo, no se han trazado los detalles de las alas. En el paso 1 se encuentra la vista de punta del eje en una vista auxiliar secundaria. La dirección de la vertical se encuentra en esta vista, proyectando una flecha direccional vertical de la vista de frente a la vista auxiliar secundaria. En el paso 2, la sección transversal cuadrada se coloca sobre la vista de punta del eje, de tal manera que dos de sus lados sean paralelos a la flecha direccional. Los lados del prisma se encuentran trazando paralelas a la línea de eje, en todas las vistas, por los vértices de la sección transversal. La longitud del prisma se toma en la vista auxiliar simple a partir de las especificaciones dadas; los extremos son perpendiculares a la línea de centro (paso 3) y se encuentran en las vistas de frente y arriba por proyección.

Estos principios se aplican a miembros estructurales, pasillos y transportadores de correa para que sus superficies queden localizadas respecto a ciertos planos. Un conducto que une dos planos por los cuales se transportará

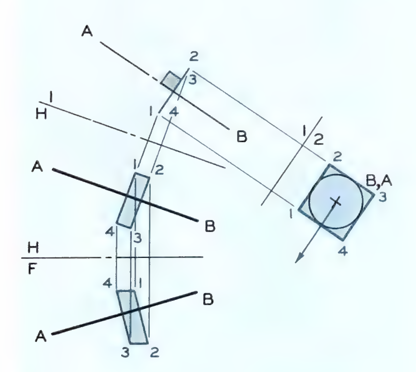
FIG. 10-36. ROTACION DE UN PRISMA RECTO ALREDEDOR DE SU EJE



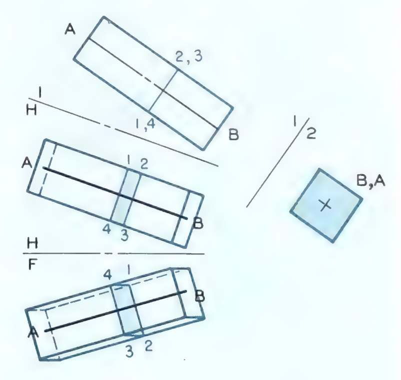
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de la recta *AB*, que es el eje de un prisma recto.
Se pide: Rotar la sección transversal dada alrededor del eje, de tal manera que dos de las caras del prisma sean verticales. Mostrar el prisma en todas las vistas.
Referencias: Secciones 7-3, 9-3, 10-9 y 10-11.



Paso 1: Localice la vista de punta de la línea de eje *AB* en una vista auxiliar secundaria y trace en esta vista una circunferencia de diámetro igual a la longitud del lado del cuadrado de la sección transversal. Trace una flecha vertical en las vistas de frente y de arriba y proyéctela a la vista auxiliar secundaria para encontrar la dirección de la vertical en esta vista



Paso 2: Trace la sección transversal, 1-2-3-4, en la vista auxiliar secundaria, de tal manera que dos de sus lados sean paralelos a la flecha direccional vertical. Proyecte esta sección a las demás vistas, llevando medidas con compás. La vista de filo de la sección transversal en la vista auxiliar simple se puede localizar en cualquier punto de la recta *AB*, siempre y cuando sea perpendicular a ésta.



Paso 3: Trace los lados del prisma por las esquinas de la sección transversal de tal manera que sean paralelos a la línea de eje en todas las vistas. Trace los extremos del prisma en la vista auxiliar simple, donde aparecen de filo y perpendiculares a la línea de eje. Proyecte los vértices de los extremos a las vistas de frente y de arriba para obtener la forma de los mismos en estas vistas.



Fig. 10-37. Cada uno de los conductos para transporte de mineral de hierro en esta instalación fue diseñado de tal manera que dos de los lados de su sección transversal fueran verticales y los otros dos horizontales. Estos diseños se desarrollaron aplicando el principio de rotación de un prisma alrededor de su eje. (Cortesía de Kaiser Steel Corporation.)

material deberá tener dos lados de su sección transversal sobre el plano vertical y los otros dos sobre el plano horizontal (fig. 10-37). La rotación de una forma prismática alrededor de su eje hasta una posición determinada, es un paso necesario en el diseño de las uniones de todos los soportes de los conductos y de las bocas de los extremos de los mismos cuando se unen a otras estructuras.

10-12 ANGULO ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO POR ROTACION

Como se muestra en la fig. 10-38, un tercer método para encontrar el ángulo entre una recta y un plano es la rotación. Este problema se resolvió por medio de vistas auxiliares en las secciones 9-13 y 9-14.

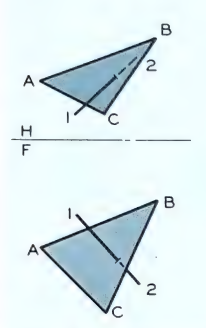
En el paso 1 de la fig. 10-38, en una vista auxiliar secundaria se encuentra el tamaño verdadero del plano. La recta se rota, en la vista auxiliar secundaria, hasta que sea paralela al plano de referencia 1-2 (paso 2.). La recta 1-2′ se proyectará en verdadera magnitud a la vista auxiliar simple, ya que es paralela a la vista de filo del plano auxiliar primario. El punto 2′ de la vista auxiliar simple se encuentra proyectando el punto 2 paralelamente al plano de referencia 1-2, como se muestra en el paso 3. Puesto que la recta aparece en verdadera magnitud y el plano de filo, el ángulo verdadero entre la recta y el plano se puede medir en esta vista.

El vehículo espacial de la fig. 10-39 es un ejemplo de planos formados por rectas

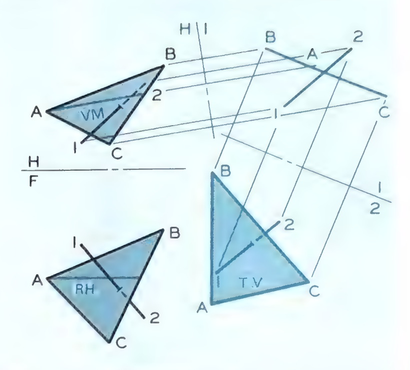


Fig. 10-39. Los ángulos entre los miembros estructurales y los planos de esta nave espacial se pueden hallar por rotación. (Cortesía de la NASA.)

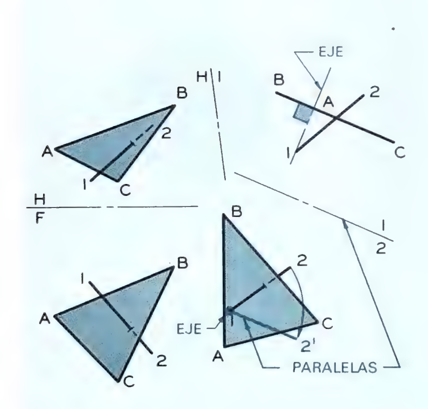
FIG. 10-38. ANGULO ENTRE UNA RECTA Y UN PLANO POR ROTACION



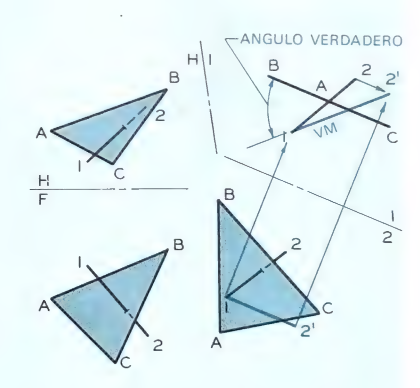
Dadas: Las vistas de arriba y de frente del plano *ABC* y la recta 1-2.
Se pide: Encontrar el ángulo entre la recta y el plano por rotación.
Referencias: Secciones 9-13, 9-14 y 10-12.



Paso 1: En una vista auxiliar simple construya el plano *ABC* de filo; esta vista auxiliar se puede proyectar a partir de cualquier vista. En una vista auxiliar secundaria encuentre el tamaño verdadero del plano y proyecte la recta 1-2 a ambas vistas.



Paso 2: Rote la recta de la vista auxiliar secundaria hasta que quede paralela a la vista de filo del plano de referencia 1-2. El eje de rotación aparece de punta y pasa por el punto 1 en la vista auxiliar secundaria. Este eje aparece en verdadera magnitud y perpendicular al plano de referencia 1-2 y al plano *ABC* en la vista auxiliar simple.



Paso 3: El punto 2' se proyecta a la vista auxiliar simple en la cual se encuentra la verdadera magnitud de la recta 1-2' al proyectar el punto 2 de esta vista paralelamente al plano 1-2 como se muestra. Puesto que, en esta vista, el plano aparece de filo y la recta en verdadera magnitud, se obtiene el ángulo verdadero entre la recta y el plano



Fig. 10-40. El soporte de esta cámara orticón fue diseñado de manera que pueda girar a cualquier posición para rastrear vehículos espaciales y cuerpos astronómicos. (Cortesía de ITT Industrial Laboratories.)

que se cortan y que se unen a otras rectas. Los ángulos entre ellos deben averiguarse durante las etapas de perfeccionamiento al desarrollar el diseño final. Los principios de rotación se pueden utilizar ventajosamente en muchos casos para averiguar estos ángulos, una vez que se ha dibujado la configuración preliminar.

10-13 CONSTRUCCION DE UNA RECTA QUE FORME ANGULOS DADOS CON DOS PLANOS PRINCIPALES

La cámara de lentes múltiples que aparece en la fig. 10-40 se puede girar alrededor de tres ejes, lo cual le suministra movilidad y flexibilidad completas para apuntar a cualquier sitio del cielo. Estas cámaras de televisión se emplean para rastrear satélites y cuerpos en el espacio y tienen excelente contraste, aun bajo condiciones de visibilidad mínima. El diseño del soporte de la cámara implica la aplicación de los principios de rotación alrededor de varios ejes. Estas cámaras se pueden colocar formando un ángulo dado con dos planos principales adyacentes. Por ejemplo, la dirección de la cámara se puede disponer de tal manera que forme un ángulo de 44° con la horizontal y 35° con la vertical. Este ejemplo aparece en la fig. 10-41.

En el paso 1 de la fig. 10-41 se ha dibujado el cono A, que contiene todas las líneas que forman un ángulo de 35° con el plano frontal. Las líneas son los elementos de la superficie del cono. El cono A aparecerá triangular en la vista de arriba y circular en la vista de frente. En el paso 2 se traza el cono B, que contiene todos los elementos que forman un ángulo de 44° con el plano horizontal. Los elementos de este cono se trazan de igual longitud que el elemento E del cono A. Los dos conos se intersecarán en elementos comunes, puesto que los elementos de cada cono son de igual longitud. Las dos rectas, 0-1 y 0-2, satisfacen las condiciones del problema. Si las condiciones iniciales establecen que la pendiente de la línea debe estar a la derecha o a la izquierda, sólo una de las líneas satisfará las condiciones.

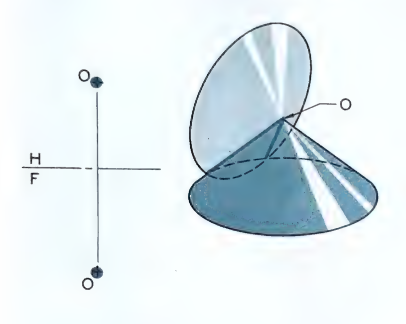
Estos principios también se pueden aplicar para encontrar las intersecciones de sistemas de tuberías que se deben unir con conexiones normalizadas que se fabrican en ángulos normalizados.

10-14 RESUMEN

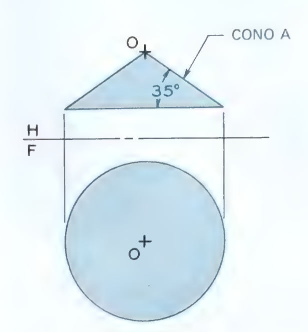
Los principios de la rotación están muy relacionados con los principios de proyección de vistas auxiliares. En la rotación, el observador mantiene su posición para mirar las vistas principales en la dirección convencional mientras que el objeto rota hasta una posición que dará la vista deseada del objeto. En el método de proyección de las vistas auxiliares, el observador se mueve alrededor del objeto fijo de tal manera que éste se pueda mirar desde posiciones auxiliares.

En muchos casos, los principios de la rotación se pueden utilizar para complementar los de las vistas auxiliares, permitiendo al diseñador averiguar los verdaderos tamaños y formas de las figuras geométricas con mayor facilidad que si empleara únicamente vistas auxiliares. Los problemas espaciales siempre se deben analizar para encontrar el método de solución disponible más apropiado. Una vez que los diseños se han dimensionado y dibujado en

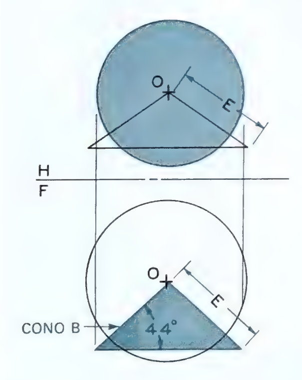
FIG. 10-41. RECTA QUE FORMA ANGULOS INDICADOS CON DOS PLANOS PRINCIPALES



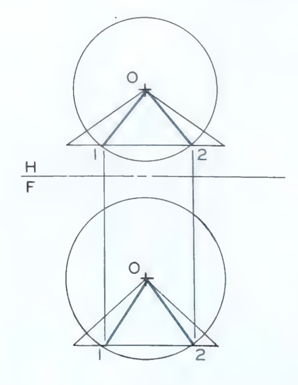
Dadas: Las vistas de frente y de arriba del punto *O*.
Se pide: Trazar una recta que, pasando por el punto *O*, forme ángulos de 35° con el plano frontal y de 44° con el plano horizontal y que se incline hacia abajo y adelante.
Referencia: Sección 10-13.



Paso 1: Trace en la vista de arriba la vista triangular de un cono, de tal manera que sus elementos extremos formen un ángulo de 35° con la vista de filo del plano frontal. Trace la vista circular del cono en la vista de frente, empleando *O* como vértice. Todos los elementos de este cono forman un ángulo de 35° con el plano frontal.



Paso 2: Trace en la vista de frente la vista triangular de un cono, de tal manera que sus elementos formen un ángulo de 44° con la vista de filo del plano horizontal. Tome la longitud de los elementos de este cono, de igual longitud que el elemento *E* del cono *A*. Todos los elementos del cono *B* forman un ángulo de 44° con el plano horizontal.



Paso 3: Puesto que los elementos de los conos *A* y *B* son de igual longitud, habrá dos elementos comunes a los conos. Estos son los elementos *O*-1 y *O*-2. Los puntos 1 y 2 se localizan en los sitios en que se cortan las bases de los dos conos en ambas vistas. Cada una de estas rectas satisfará las condiciones del problema.

torma preliminar, las configuraciones se pueden perfeccionar aplicando los principios de la rotación y las vistas auxiliares. Los ángulos, verdaderas magnitues, tamaños verdaderos y otras propiedades físicas se pueden averiguar de manera que permitan un análisis posterior del diseño final, como se estudiará en los capítulos siguientes.

PROBLEMAS

Los problemas de este capítulo deben trazarse y resolverse en hojas de papel de 21 × 28 cm, como se muestra en las figuras que los acompañan y de acuerdo con las reglas estudiadas en la sección 1-19. Cada cuadrado del papel representa 5 mm. Todos los planos de referencia y puntos deben marcarse utilizando guías y letras de 3 mm.

1. Emplee la fig. 10-42 para todas las partes de este problema. (A) Encuentre en la vista de frente la verdadera magnitud de la recta por rotación. Indique el ángulo que esta recta forma con el plano horizontal. (B) Encuentre en la vista de frente la verdadera magnitud de la recta por rotación. Indique el ángulo que esta recta forma con el plano horizontal. (C) Encuentre en la vista de arriba la verdadera magnitud de la recta por rotación. Indique el ángulo que esta vista forma con el plano frontal. (D) Encuentre en la vista de arriba la verdadera magnitud de la recta por rotación. Indique el ángulo que esta recta forma con el plano frontal.

2. Emplee la fig. 10-43 para todas las partes de este problema. (A) Encuentre en la vista de lado la verdadera magnitud de la recta por rotación. Indique el ángulo que esta recta forma con el plano frontal. (B) Encuentre en

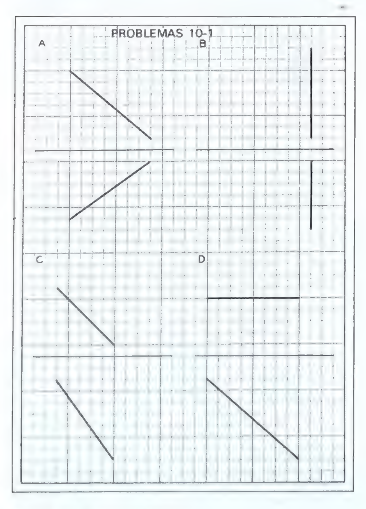


Fig. 10-42. Rotación de rectas.

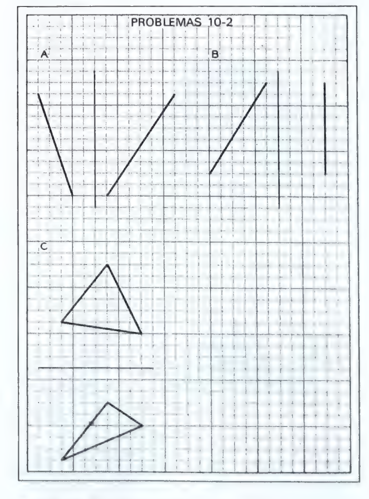
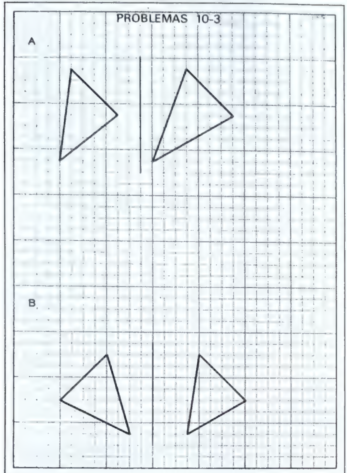
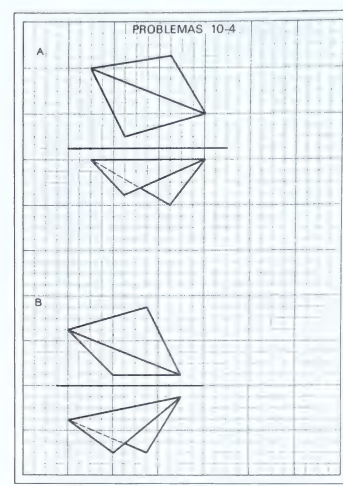


Fig. 10-43. Rotación de rectas y planos.



10-44

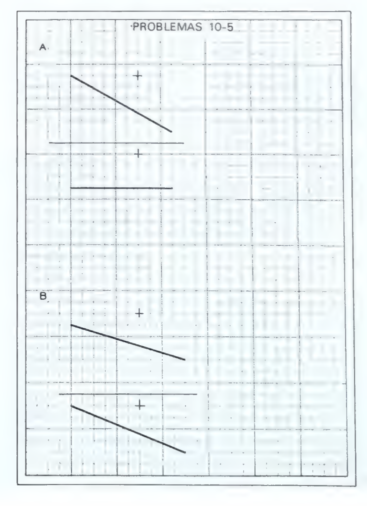


10-45

Fig. 10-44. Rotación de un plano.

Fig. 10-45. Determinación del ángulo entre dos planos por rotación.

Fig. 10-46. Rotación de un punto alrededor de una recta.



10-46

la vista de lado la verdadera magnitud de la recta por rotación. Indique el ángulo que esta recta forma con el plano frontal. (C) Por medio de una sola vista auxiliar y una rotación simple, encuentre el tamaño verdadero del plano.

3. (A) En la fig. 10-44A encuentre la vista de filo del plano por rotación. (B) En la parte B de la figura encuentre el tamaño verdadero del plano por rotación doble.

4. (A) En la fig. 10-45A encuentre por rotación el ángulo entre los dos planos que se intersecan. (B) En la parte B de la figura encuentre por rotación el ángulo entre los dos planos que se intersecan.

5. (A) En la fig. 10-46A rote el punto alrededor de la recta y sitúelo en las posiciones más alta y más baja. (B) En la parte B de

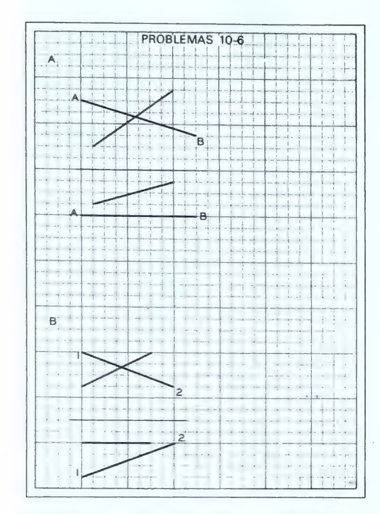


Fig. 10-47. Rotación de una recta alrededor de un eje.

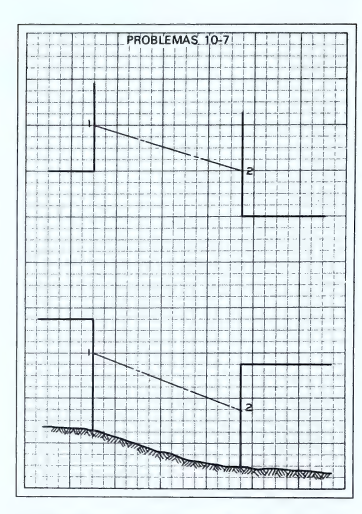


Fig. 10-48. Rotación de un prisma alrededor de un eje.

la figura rote el punto alrededor de la recta oblicua. Sitúe las posiciones más alta y más adelante; indíquelas en todas las vistas.

6. (A) En la fig. 10-47A rote la recta del eje *AB*. La rotación es de 90° y en sentido horario. Muestre la recta rotada en todas las vistas. (B) Rote la recta alrededor del eje 1-2. La rotación es de 90° en sentido anti-horario. Muestre la recta rotada en todas las vistas.

7. En la fig. 10-48, la recta 1-2 es la línea de centro de un conducto transportador, tal como el que se muestra en la fig. 10-49, que tiene una sección transversal cuadrada de 3 m de lado.

Construya las vistas necesarias para rotar este cuadrado hasta una posición en la cual dos lados de la sección transversal sean planos verticales. Muestre el conducto en todas las vistas. Escala 1 : 150.

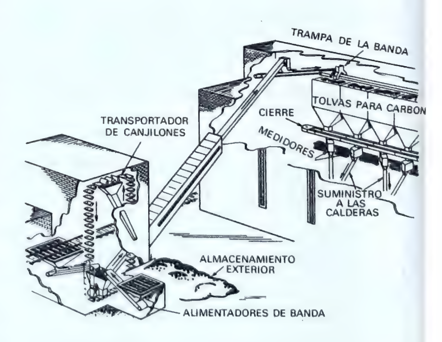
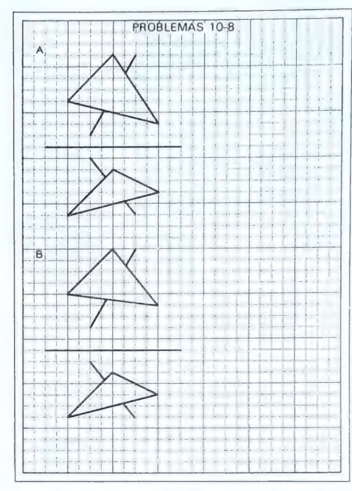
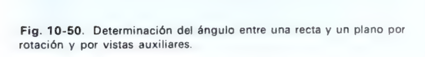


Fig. 10-49. Un ejemplo de un conducto para transporte de carbón entre dos edificios, semejante al representado en la figura 10-48. (Cortesía de Stephens-Adamson Manufacturing Company.)

8. En la fig. 10-50A encuentre el ángulo entre la recta y el plano por medio de dos vistas auxiliares y una rotación simple. Muestre todas las construcciones. (B) En la parte B de la figura encuentre el ángulo entre la recta y el plano por el método de la vista auxiliar. Compare las soluciones encontradas en ambas partes.

9. Localice dos vistas de un punto, separadas 85 mm en una hoja de papel de 21 × 28 cm. Usando un elemento cónico de 50 mm, encuentre la dirección de una recta inclinada hacia adelante y que forma un ángulo de 30° con el plano frontal, e inclinada hacia abajo y que forma un ángulo de 50° con el plano horizontal. Muestre todas las construcciones.




Fig. 10-50. Determinación del ángulo entre una recta y un plano por rotación y por vistas auxiliares.



11
INTERSECCIONES

11-1 INTRODUCCION

Prácticamente todo producto o proyecto de ingeniería está compuesto de planos, líneas o sólidos que se intersecan, a menudo en ángulos inusitados. El simple método de fijación de un espejo retrovisor al exterior de un auto es un problema de intersecciones que debe resolverse antes de su producción. Las estructuras masivas de concreto con frecuencia implican intersecciones entre varias formas geométricas. El diseñador debe comprender los principios de intersección para presentar sus diseños y supervisar la construcción de las formaletas en las cuales se va a vaciar el concreto.

El diseño del tablero de instrumentos de un automóvil requiere la solución de muchos problemas de intersecciones (fig. 11-1). Las figuras que se cortan varían desde simples líneas hasta formas complicadas. Todas las intersecciones se deben desarrollar gráficamente durante las primeras etapas del perfeccionamiento del diseño, puesto que estas intersecciones afectarán la configuración y apariencia finales tanto del tablero como de los accesorios incluidos.

Muchos de los principios que se estudian en este capítulo son de naturaleza convencional y comprenden planos y figuras geométricas corrientes. Estos principios, sin embargo, serán suficientes para resolver prácticamente cualquier problema, pues todas las aplicaciones de intersecciones implicarán sólo ligeras variaciones de los ejemplos fundamentales. En la presente discusión se expondrán ejemplos industriales que ilustren las aplicaciones de los principios estudiados.

Resulta conveniente marcar los puntos y líneas importantes utilizados en la solución de los problemas de intersección como se

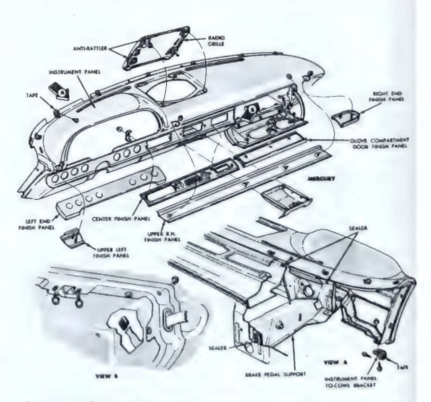


Fig. 11-1. El diseño del tablero de instrumentos de un automóvil implica muchos problemas de intersecciones. (Cortesía de Ford Motor Company.)

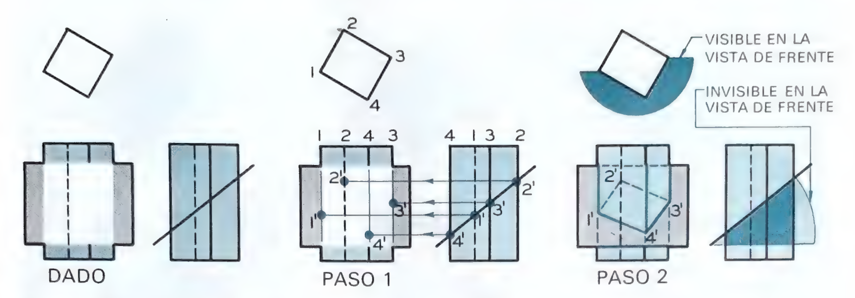


Fig. 11-2. Intersección de un plano y un prisma.

muestra en los ejemplos que se dan a continuación. No es necesario marcar absolutamente todos los puntos, sino apenas los puntos claves que aclaren la construcción y proyección. Las líneas de guía y de construcción deben trazarse suavemente para evitar la necesidad de borrar al finalizar el problema.

11-2 INTERSECCION DE UN PLANO Y UN PRISMA

Uno de los tipos más comunes de intersección es la de un plano y un prisma, como se muestra en la fig. 11-2. Este es un caso especial en el cual el plano aparece de filo en la vista de lado, lo cual permite aplicar los principios del punto de corte de una recta y un plano vistos en las secciones 8-11 y 8-12.

Paso 1: Las vistas del prisma se cortan con la vista de filo del plano en los puntos 1′, 2′, 3′ y 4′. Estos puntos se proyectan sobre sus respectivas vistas en la vista de frente.

Paso 2: Los puntos 1′, 2′, 3′ y 4′ se unen para formar la línea de intersección en la vista de frente. La visibilidad de esta línea se encuentra para la vista de frente, inspeccionando la vista de arriba. El área indicada en dicha vista debe aparecer visible en la vista de frente. La superficie de atrás debe ser invisible en la vista de frente. Observando la vista de lado derecho, se deduce que partes del prisma quedarán ocultas por el plano en la vista de frente. Las rectas del prisma que están en la zona oculta son invisibles en la vista de frente y se representan, por tanto, con líneas de trazos.

En la fig. 11-3 se muestra un caso general de intersección entre un plano y un prisma. Las aristas del prisma aparecen en verdadera magnitud en la vista de frente y el plano aparece acortado en ambas vistas.

Dadas: Las vistas de frente y arriba de un plano oblicuo y un prisma. Se pide localizar la recta de intersección entre las dos figuras.

Paso 1: En la vista de arriba se hacen pasar, por cada una de las aristas del prisma, cuatro planos secantes verticales. Estos planos se construyen de tal manera que contengan las aristas del prisma y se puedan dibujar en la vista de arriba en cualquier dirección. Se localizan en la vista de frente del plano las proyecciones de los planos secantes *A*, *B*, *C*, y *D*. *Ejemplo:* Como la recta 4 está contenida en el plano secante *D*, debe cortar al plano en el punto 4′, que es el punto en el cual la vista de frente del plano secante *D* se corta con la línea 4. Todos los puntos de intersección de las aristas y el plano se localizan de esta manera en la vista de frente.

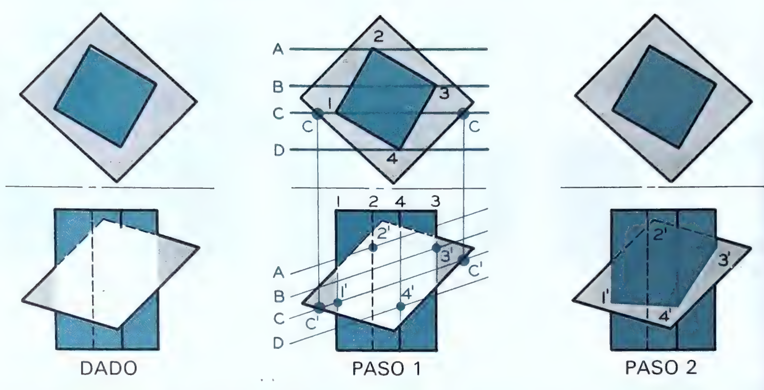


Fig. 11-3. Intersección entre un plano oblicuo y un prisma.

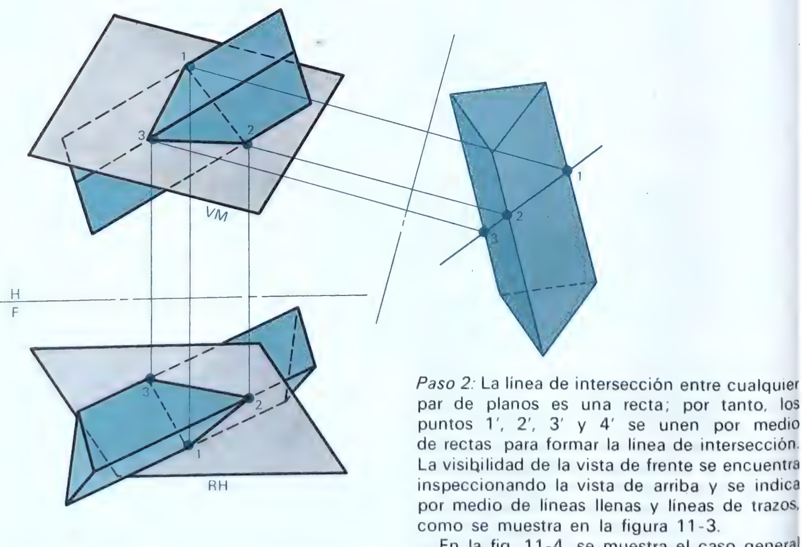


Fig. 11-4. Intersección entre un plano oblicuo y un prisma oblicuo.

Paso 2: La línea de intersección entre cualquier par de planos es una recta; por tanto, los puntos 1′, 2′, 3′ y 4′ se unen por medio de rectas para formar la línea de intersección. La visibilidad de la vista de frente se encuentra inspeccionando la vista de arriba y se indica por medio de líneas llenas y líneas de trazos, como se muestra en la figura 11-3.

En la fig. 11-4 se muestra el caso general de intersección entre un plano oblicuo y un

prisma oblicuo. Puesto que el plano y el prisma aparecen deformados en las vistas dadas, ni el plano ni ninguna de las caras del prisma aparecen de filo. Este problema se puede resolver de la misma manera en que se resolvió el problema de la fig. 11-2, si se construye una vista en la cual el plano aparezca de filo. Esta vista se puede encontrar en una vista auxiliar simple proyectada a partir de cualquier vista y en la cual una recta contenida en el plano aparezca de punta. Las aristas del prisma no aparecen en verdadera magnitud en dicha vista, pero esto no complica el problema. Los puntos 1, 2 y 3 se localizan en la vista auxiliar en los puntos en que las aristas intersecan el plano. Estos puntos se proyectan a las vistas de arriba y frente como se muestra. La visibilidad se determina en ambas vistas por inspección. Los principios de visibilidad se pueden repasar en la sección 7-12.

La carrocería y la cuchara del camión de la fig. 11-5 muestran varias aplicaciones de la intersección de planos y prismas. Estas intersecciones se averiguaron antes de hacer las formas en lámina metálica utilizadas para formar la carrocería del camión y para añadir resistencia a su diseño.

11-3 INTERSECCION ENTRE PRISMAS

La intersección entre dos prismas se puede hallar aplicando los principios que se utilizaron



Fig. 11-5. En la carrocería de este camión se pueden observar varios ejemplos de intersecciones. (Cortesía de LeTourneau-Westinghouse Company.)

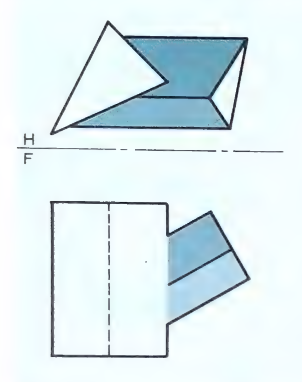
en la sección anterior para encontrar la intersección entre un plano y un prisma. Los prismas están formados por planos; por tanto, es posible trabajar cada plano por separado para hallar todas las líneas de intersección. Un ejemplo de este tipo se resuelve por pasos en la fig. 11-6.

Se dan las vistas de frente y arriba de dos prismas que se intersecan y se pide encontrar su línea de intersección. Las caras de un prisma aparecen de filo en la vista de arriba, lo cual hace imposible ver dónde las intersecan las aristas del otro prisma. Es, por tanto, necesario trazar una vista auxiliar (paso 1) para ver las relaciones existentes entre la recta *AB* y la sección transversal del prisma, puesto que dos de las líneas de intersección presentan un punto de quiebre sobre esta arista. En el paso 2 se encuentran los puntos de intersección 3′ y 2′ en la vista de arriba y luego se proyectan a la vista de frente. La línea 2′-X-3′ se completa en esta vista y se indica su visibilidad. El punto *X*, o sea el punto de quiebre de la línea 2′-3′ sobre la línea *AB*, se encuentra en la vista auxiliar y se proyecta a la vista de frente. El resto de líneas de intersección se averigua repitiendo el procedimiento, como se explica en el paso 3.

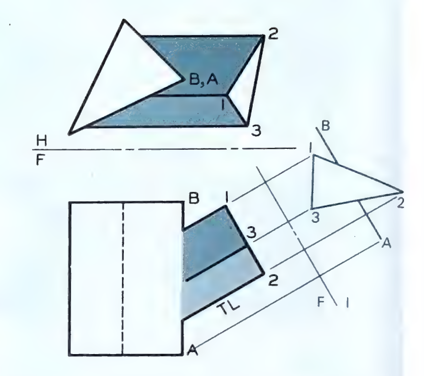
En la fig. 11-7 se ilustra un método alterno para encontrar la línea de intersección entre dos prismas. El plano secante vertical *A* se traza en la vista de arriba por la vista de punta de la arista 3-4, lo cual determina los puntos 1 y 2 sobre el segundo prisma. Puesto que el plano secante es paralelo a las aristas de la cara superior del prisma oblicuo, la recta 1-2 debe trazarse en la vista de frente paralela a estos lados, encontrándose que interseca la recta 3-4 en el punto 2. Este punto es el punto por el cual la línea de intersección quiebra sobre la arista 3-4. Los otros puntos de intersección se encuentran de la forma aplicada en la fig. 11-6.

El conducto conector de la fig. 11-8 es un ejemplo de intersección de planos y prismas. Este conector se diseña para que interseque una pared oblicua en un ángulo determinado.

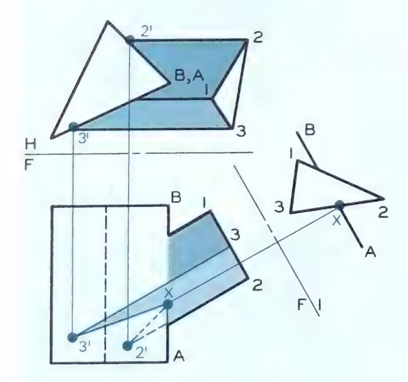
FIG. 11-6. INTERSECCION ENTRE DOS PRISMAS



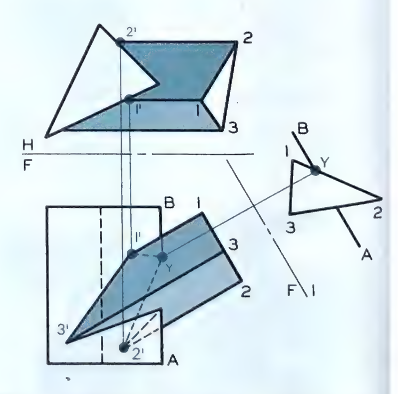
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de dos primas.
Se pide: La línea de intersección entre ellos en las dos vistas, indicando su visibilidad.
Referencias: Secciones 11-2 y 11-3.



Paso 1: Construya la vista de la sección transversal del prisma inclinado, proyectando una vista auxiliar a partir de la vista de frente. En esta vista, sólo muestre la arista *AB* del prisma vertical, puesto que ésta es la única recta de intersección. Marque los puntos.



Paso 2: Localice los puntos de intersección de las rectas 2-2', 3-3' en la vista de arriba y proyéctelos a la vista de frente sobre la extensión de las aristas correspondientes. Es claro que la línea que une los puntos 2' y 3' no será una línea recta, puesto que ésta se quiebra sobre la arista *AB*. El punto en donde dicha línea corta la arista es el punto *X* de la vista auxiliar simple. Proyéctelo a la vista de frente.



Paso 3: Se puede observar en la vista auxiliar simple que la recta 1' y 2' se quiebra sobre la arista *AB* en el punto *Y*. Trace la línea 1'-y-2' en la vista de frente, inspeccionando la vista auxiliar simple, se deduce que esta recta es invisible en la vista de frente. Trace la recta 1-3' visible, puesto que no quiebra sobre ninguna arista.

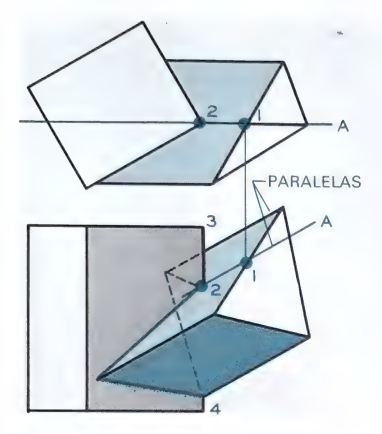


Fig. 11-7. Intersección entre primas por proyección.

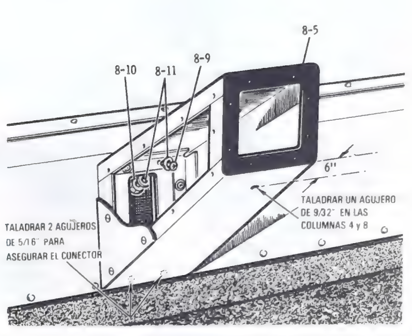


Fig. 11-8. Este conducto conector se diseñó con la ayuda de los principios de intersección de un plano y un prisma. (Cortesia de Federal Aviation Agency.)

11-4 INTERSECCION DE UN PLANO Y UN CILINDRO

La unidad de destilación por craqueo catalítico que aparece en la fig. 11-9 ilustra varias intersecciones de formas cilíndricas con formas geométricas. Los cilindros son formas fundamentales que se utilizan en gran escala en plantas de procesamiento de este tipo y tienen muchas aplicaciones en ingeniería y en la industria.

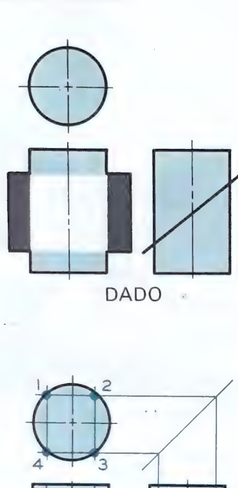
La fig. 11-10 muestra un caso especial de un plano que interseca un cilindro. El plano aparece de filo en la vista de lado.

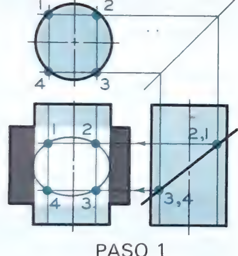
Dadas: Las vistas principales de un plano y un cilindro. Se pide encontrar la línea de intersección entre ellos.

Paso 1: La línea de intersección se encuentra en la vista de frente, localizando los puntos de intersección del plano con un conjunto de líneas contenidas en la superficie del cilindro. Por ejemplo, se hallan cuatro puntos 1, 2, 3 y 4 en la vista de frente, proyectando a partir de las vistas de arriba y de lado. De



Fig. 11-9. En esta refinería se pueden observar varias intersecciones de planos y cilindros. (Cortesia de Humble Oil and Refining Company.)





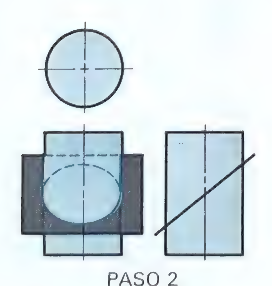


Fig. 11-10. Determinación de la línea de intersección entre un plano y un cilindro.

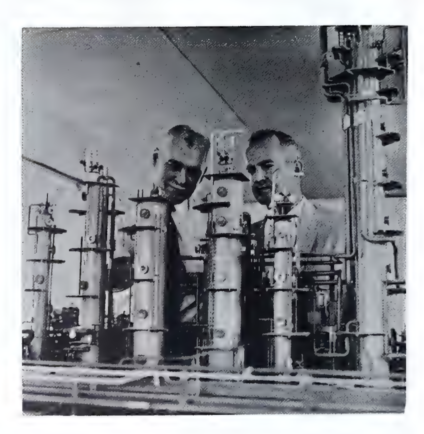


Fig. 11-11. Las maquetas se usan algunas veces para perfeccionar el diseño de instalaciones complicadas. En este diseño, las formas cilíndricas son bastantes representativas. (Cortesía de Standard Oil de New Jersey.)

igual manera, se localizan otros puntos de intersección de tal forma que se pueda encontrar exactamente la línea de intersección.

Paso 2: La visibilidad se encuentra como se muestra en la figura para completar la solución del problema.

En la fig. 11-11, se muestran varios planos que intersecan cilindros en una maqueta de una refinería, la cual se ha construido para analizar las relaciones entre los componentes y para que sirva de guía durante la construcción.

En la fig. 11-12 se resuelve un problema parecido, en el cual el plano no aparece de filo en las vistas principales.

Dadas: Las vistas de frente y arriba de un cilindro y un plano que se intersecan. Se pide encontrar la línea de intersección entre ellos.

Paso 1: En la vista de arriba del cilindro se trazan planos secantes verticales para establecer líneas sobre su superficie y sobre el plano.

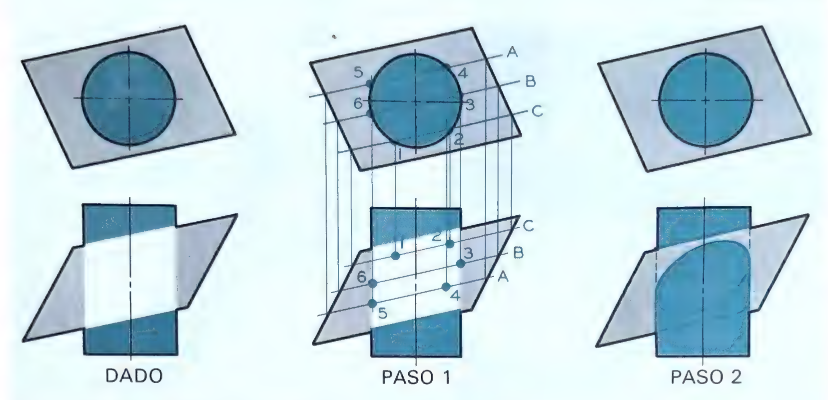


Fig. 11-12. Determinación de la línea de intersección entre un cilindro y un plano oblicuo.

Ejemplo: En la vista de arriba se encuentra que los puntos 1 y 2 están sobre el plano *C* y sobre la superficie del cilindro. Estos puntos se proyectan a la vista de frente en la cual deben aparecer sobre la línea de intersección del plano secante *C* y el plano oblicuo. De igual forma se encuentran puntos adicionales hasta que se localice totalmente la línea de intersección.

Fig. 11-13. Determinación de la línea de intersección entre un plano y un cilindro oblicuos.

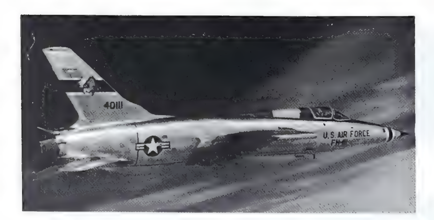


Fig. 11-14. Este caza-bombardero F-105 está formado por la intersección de gran variedad de formas geométricas. (Cortesía de Republic Aviation Corporation.)

Paso 2: Los puntos de intersección encontrados en el paso 1 se unen para formar la línea elíptica de intersección. La visibilidad se completa como se muestra en la figura para obtener la solución del problema.

El caso general de intersección entre un plano oblicuo y un cilindro oblicuo se ilustra en la fig. 11-13, en la cual ni el cilindro aparece en tamaño verdadero ni el plano de filo. La línea de intersección entre estas formas se halla encontrando la vista de filo del plano en una vista auxiliar simple, en la cual el cilindro aparece deformado. En esta vista se trazan planos secantes para establecer líneas sobre la superficie del cilindro. Estas líneas intersecan la vista de filo del plano en los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Las líneas sobre la superficie del cilindro se proyectan de la vista auxiliar a la vista de lado. Cada uno de los puntos de intersección encontrados en la vista auxiliar se proyecta sobre su respectiva línea en la vista de lado. Estos puntos se unen para establecer la línea de intersección elíptica. En la figura también se muestra la visibilidad. La línea de intersección se encuentra en la vista de frente llevando medidas de los puntos de la vista auxiliar simple a la vista de frente por medio de un compás.

El diseño de aviones exige la solución de muchos problemas de intersecciones, debido a la cantidad de formas que se intersecan en ellos. En el F-105 de la fig. 11-14 se observan ejemplos de intersecciones. Además de las intersecciones entre el conjunto de la cola y las alas con el fuselaje, la cabina representa el principio de un cono que interseca un cilindro aproximado.

11-5 INTERSECCION ENTRE UN CILINDRO Y UN PRISMA

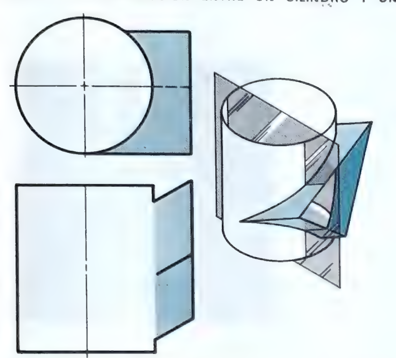
En la fig. 11-15 se emplea una serie de planos secantes para establecer líneas que estén sobre la superficie del cilindro y el prisma. Puesto que estas líneas están sobre un plano secante común, se cortarán en los puntos en que se crucen en las vistas. Para localizar en la vista de frente las líneas sobre la superficie del prisma, es necesario proyectar una vista auxiliar simple (paso 1). En vez de hallar las líneas de intersección de dos o más planos simultáneamente, se analiza cada plano por separado. En el paso 2, la línea de intersección de la vista de frente se proyecta a partir de la vista de filo del plano 1-3 en la vista auxiliar. La línea de intersección entre un plano y una superficie curva es una línea curva. Obsérvese que el punto de la vista de frente en el cual la línea de intersección sobre la superficie del cilindro cambia su visibilidad, resulta ser el punto *X* en la vista de arriba. En el paso 3, en donde se continúa este proceso para localizar puntos hasta averiguar totalmente la línea de intersección, también se muestra la visibilidad.

Un ejemplo práctico de intersecciones tales como las que se han estudiado se encuentra en una cafetera eléctrica. Las líneas de intersección del pico y de la manija con el cuerpo cilíndrico del recipiente se pueden averiguar trazando una serie de planos secantes horizontales y proyectando los puntos de intersección a las demás vistas. La determinación de estas líneas de intersección es un paso preliminar en el diseño de los componentes para que se ensamblen correctamente.

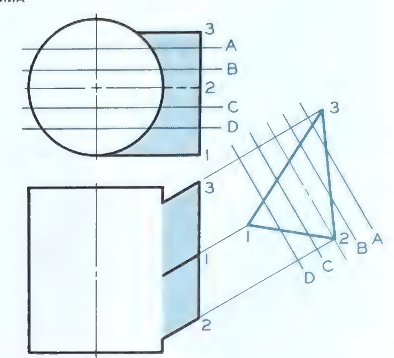
11-6 INTERSECCION ENTRE DOS CILINDROS

La intersección entre los dos cilindros de la fig. 11-16 se encuentra por el método del plano secante. En la vista de arriba se trazan planos secantes frontales para establecer puntos que sean comunes a ambos cilindros. Por ejemplo,

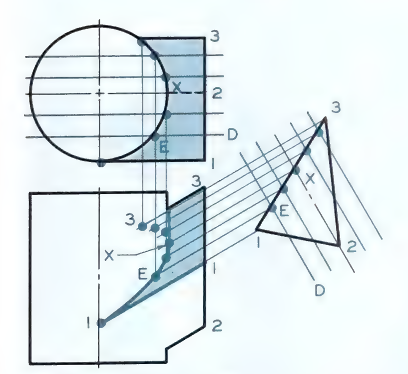
FIG. 11-15. INTERSECCION ENTRE UN CILINDRO Y UN PRISMA



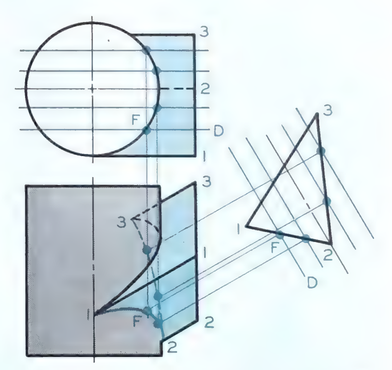
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de un cilindro y un prisma que se intersecan.
Se pide: Encontrar la línea de intersección entre el cilindro y el prisma.
Referencia: Sección 11-5.



Paso 1: Proyecte una vista auxiliar del prisma triangular en la cual sus tres caras aparezcan de filo. En la vista de arriba del cilindro trace planos secantes frontales y proyéctelos a la vista auxiliar. El espaciado entre los planos debe ser el mismo en ambas vistas.



Paso 2: Localice en la vista de arriba puntos sobre la línea de intersección del plano 1-3 y el cilindro y proyéctelos a la vista de frente. La intersección de estas proyecciones con las que vienen de la vista auxiliar establece puntos de la línea de intersección de la vista de arriba. *Ejemplo*: El punto *E* contenido en el plano secante *D* se encuentra en las vistas de arriba y auxiliar simple y se proyecta a la vista de frente al punto en el cual se cortan las dos líneas de proyección. El punto *X* situado sobre la línea de eje es el punto en el cual cambia la visibilidad en la vista de frente.



Paso 3: Encuentre los puntos de intersección restantes, empleando los demás planos secantes. El punto *F* se muestra en las vistas de arriba y auxiliar y se proyecta a la vista de frente sobre la línea de intersección 1-2. Una todos los puntos y determine la visibilidad. El espaciado de los planos se hace a juicio del dibujante, de tal manera que dé la representación exacta de la línea de intersección.

Fig. 11-16. Determinación de la línea de intersección entre cilindros.

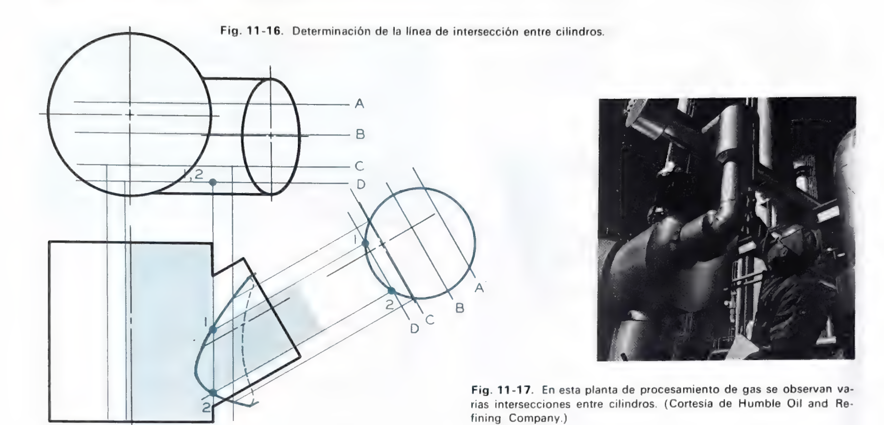


Fig. 11-17. En esta planta de procesamiento de gas se observan varias intersecciones entre cilindros. (Cortesía de Humble Oil and Refining Company.)

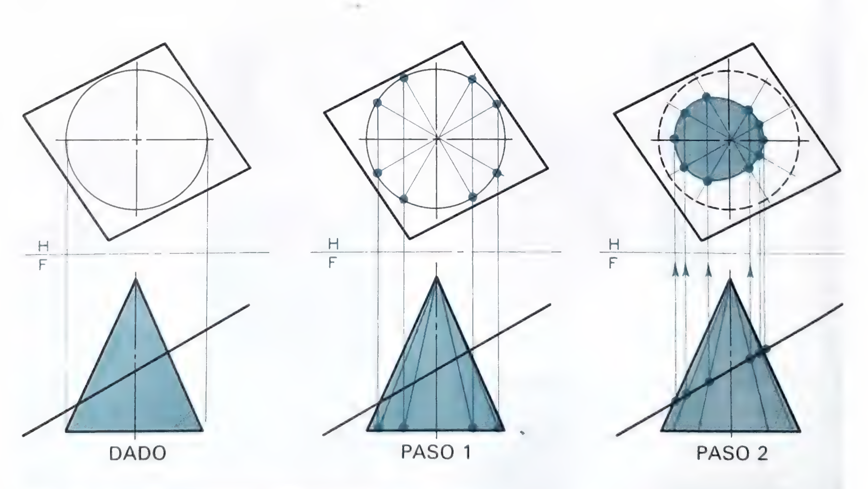


Fig. 11-18. Determinación de la línea de intersección entre un plano y un cono.

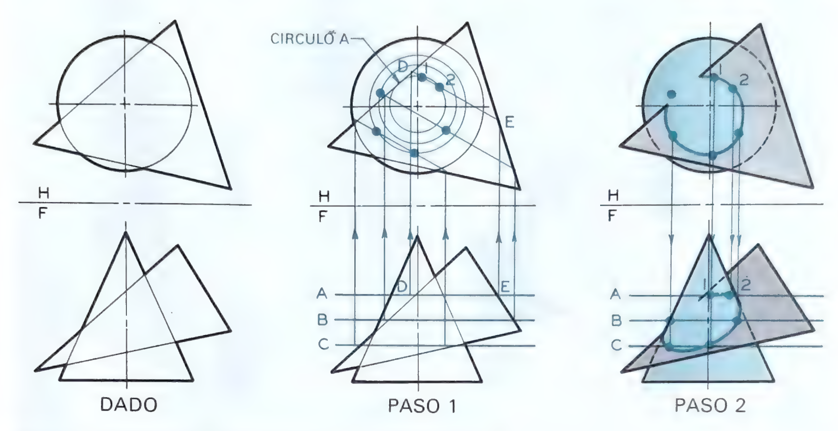


Fig. 11-19. Determinación de la línea de intersección entre un plano oblicuo y un cono.

la situación de los puntos 1 y 2 en la vista de frente se encuentra en la intersección de las líneas de proyección que vienen de las vistas de arriba y auxiliar simple, en las cuales el plano *D* corta los cilindros. Estos puntos están sobre la línea de intersección de la vista de frente. El vestigio del plano secante *D* se encuentra en la vista de frente para ilustrar la trayectoria del mismo. Se averiguan puntos adicionales para completar la línea de intersección. La visibilidad de la vista de frente se muestra en la figura.

En la fig. 11-17 se muestran varias intersecciones entre cilindros. Las intersecciones de este tipo deben averiguarse para permitir el montaje apropiado de las formas en su sitio en la obra.

11-7 INTERSECCION ENTRE UN PLANO Y UN CONO

El cono es una figura geométrica bastante empleada en los diseños de ingeniería en combinación con otras formas. En la fig. 11-18 se muestra la intersección entre un cono y un plano.

Dadas: Las vistas de frente y arriba de un cono y un plano, el cual aparece de filo en la vista de frente. Se pide encontrar la línea de intersección del plano con el cono.

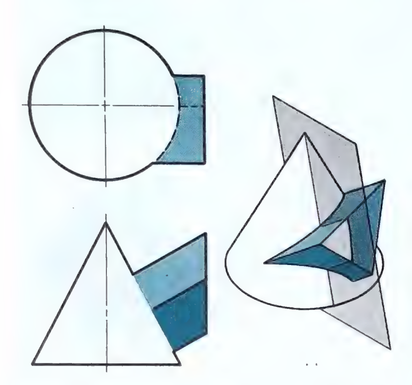
Paso 1: En la vista de arriba del cono se dibuja una serie de elementos sobre su superficie, los cuales se proyectan de la vista de arriba de la base a la vista de frente de la misma. Los puntos proyectados se unen con el vértice en ambas vistas.

Paso 2: La vista de arriba de la línea de intersección se encuentra uniendo en serie los puntos de intersección de los elementos del cono con el plano, los cuales se han proyectado a partir de la vista de frente. La vista de frente de la línea de intersección coincide con la vista de filo del plano.

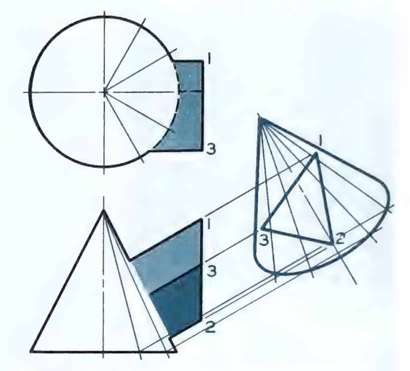
En la fig. 11-9 se dan un cono y un plano oblicuo. En este caso, la intersección se encuentra utilizando una serie de planos secantes.

Dadas: Las vistas de frente y arriba de un cono y un plano. Se pide encontrar la línea de intersección entre ellos.

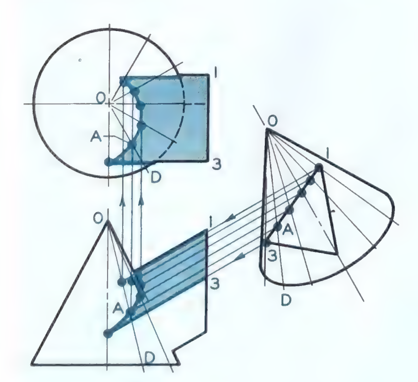
FIG. 11-21. INTERSECCION ENTRE UN CONO Y UN PRISMA



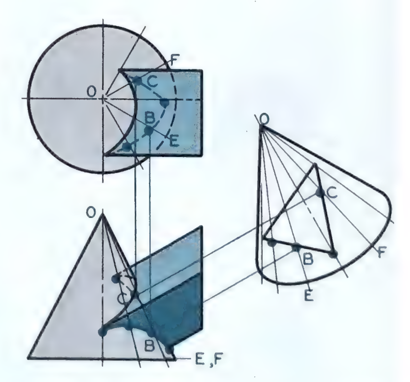
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de un cono que se corta con un cilindro.
Se pide: Encontrar la línea de intersección del prisma con el cono y determinar la visibilidad.
Referencia: Sección 11-8.



Paso 1: Construya una vista auxiliar simple en la cual las caras del prisma aparezcan de filo. En esta vista pase planos secantes por el vértice del cono para localizar elementos sobre éste. Proyecte los elementos a las vistas principales.



Paso 2: Localice los puntos de intersección entre los elementos del cono y la vista de filo del plano 1-3 y proyéctelos a las vistas de frente y de arriba. *Ejemplo:* El punto *A* está, en la vista auxiliar, sobre el elemento *OD*; por tanto, se proyecta a las vistas de frente y de arriba sobre el elemento *OD*. De la misma manera, localice otros puntos de la línea de intersección.



Paso 3: Localice los puntos de intersección entre los elementos del cono y los otros planos del prisma. *Ejemplo:* El punto *B* se encuentra sobre *OE* en la vista auxiliar simple, de tal manera que se proyecta a las vistas de frente y de arriba sobre *OE*. Muestre la visibilidad en cada vista, una vez que se hayan localizado un número suficiente de puntos.

Paso 1: Se traza una serie de planos secantes perpendiculares al eje del cono, los cuales determinarán secciones circulares en la vista de arriba del cono y líneas sobre el plano. Se han construido los puntos 1 y 2 para mostrar cómo se localizan los puntos sobre la línea de intersección. En la vista de arriba, el plano secante *A* corta el cono sobre la circunferencia *A* y al plano sobre la recta *DE*. Puesto que el círculo y la recta están contenidos en el mismo plano, los puntos 1 y 2 de la vista de arriba son los puntos de cruce entre la circunferencia *A* y la recta *DE*.

Paso 2: Proyectando desde los planos secantes *B* y *C*, se pueden localizar otros puntos, los cuales, unidos en serie, originarán las líneas de intersección de las vistas de frente y arriba como se muestra. Se ha indicado la visibilidad.

El método del plano secante también se hubiera podido emplear como método alterno para resolver el problema de la fig. 11-18. Muchos problemas de geometría descriptiva tienen más de un método de solución.

La fig. 11-20 ilustra la utilización de formas cónicas para obtener la configuración de una torre de escape de un cohete. Los puntos de intersección, así como las líneas de intersección, se averiguan durante el perfeccionamiento final de este vehículo.

11-8 INTERSECCION ENTRE UN CONO Y UN PRISMA

En la fig. 11-21 se construye una vista auxiliar simple en la cual los planos laterales del prisma aparezcan de filo, de manera que se pueda encontrar la línea de intersección entre el cono y el prisma. Los planos secantes trazados por el vértice del cono de la vista auxiliar simple se usan para establecer líneas que estén sobre la superficie del cono y del prisma, como se muestra en el paso 1. Por inspección de la vista auxiliar, en el paso 2, se deduce que el punto *A* está sobre el plano secante *OA*. Este punto se proyecta a las vistas de frente y arriba sobre el elemento *OD*, que el plano secante estableció sobre la superficie del cono.

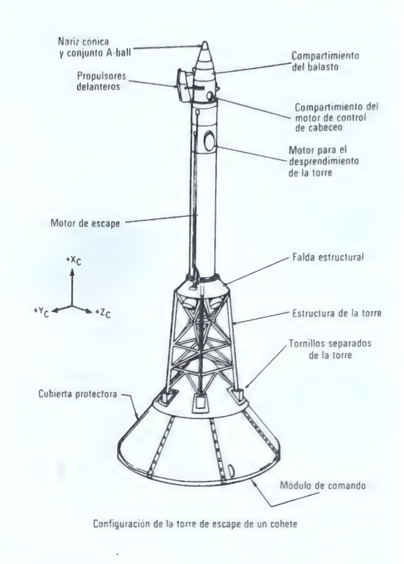


Fig. 11-20. En el diseño de esta torre de escape se encontraron intersecciones con forma cónica. (Cortesía de la NASA.)

En el paso 3 se encuentran otros puntos de intersección, aplicando este mismo procedimiento a los otros dos planos del prisma. Todas las proyecciones se hacen a partir de la vista auxiliar, en la cual los planos secantes y los planos del prisma aparecen de filo.

En la fig. 11-22 se muestra el método de los planos secantes horizontales para encontrar la línea de intersección entre un cilindro y un cono. Este método no es realizable si el eje del cilindro no es horizontal y el eje del cono no es vertical, puesto que las secciones cortadas por los planos secantes serían de forma irregular y exigirían el tedioso planteo de muchos puntos.

En la fig. 11-23 se puede observar un ejemplo poco común de cilindros que intersecan un cono. Las líneas de intersección entre los conos de esta cubierta de distribuidor se

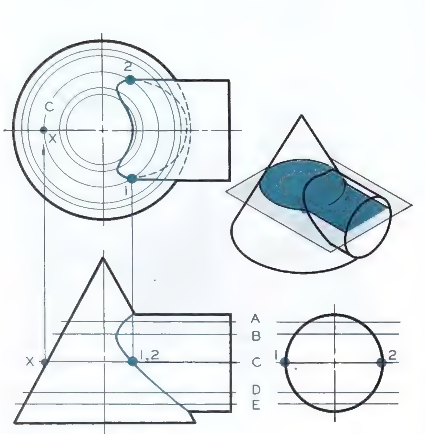


Fig. 11-22. Intersección entre un cono y un cilindro.

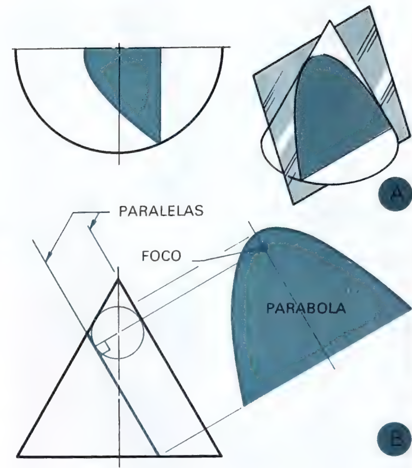


Fig. 11-24. Construcción de la sección parabólica de un cono.


Fig. 11-23. Este distribuidor manejado eléctricamente ilustra las intersecciones entre un cono y una serie de cilindros. (Cortesía de GATX.)

encontraron mediante el método de las vistas auxiliares, que se ilustró en la fig. 11-21.

11-9 SECCIONES CONICAS

Las secciones cónicas —parábola, hipérbola, elipse y círculo— son intersecciones entre un plano y un cono. Estas son figuras matemáticas fundamentales que se pueden encontrar gráfica o matemáticamente. El método gráfico para encontrar la línea de intersección entre el plano imaginario y el cono se ilustra en los siguientes ejemplos.

Parábola. La parábola es la línea de intersección entre un plano secante que, cortando el cono, forma ángulos iguales con la base y elementos del mismo, como se muestra en la fig. 11-24A. Esta figura se puede describir matemáticamente como una curva plana tal que todos sus puntos equidistan de la directriz (una recta) y el foco.

En la parte *B* de la figura, la vista de filo del plano secante se traza en la vista de frente

del cono y se proyecta a la vista de arriba mediante una serie de planos secantes horizontales, como se presentó en la fig. 11-19. Teniendo la vista de arriba de la intersección, es posible encontrar el tamaño verdadero de la parábola en una vista auxiliar simple proyectada perpendicularmente a la vista de filo del plano secante. El círculo trazado en el vértice del cono representa una esfera que se dibuja tangente a su superficie y a la vista de filo de la parábola. El punto de tangencia de la esfera con la vista de filo de la parábola localiza el foco. Todas las rectas que entran a la parábola paralelamemente a la dirección de su eje se encuentran en un punto común llamado foco. Esta forma se emplea para reflectores luminosos, en los cuales la fuente luminosa se coloca en el punto focal, obteniéndose una emisión de rayos luminosos paralelos. También se emplea en el diseño de antenas de rastreo que envían al espacio miles de millones de señales de radio y reciben señales de satélites localizados en el espacio (figura 11-25).

La ecuación de la parábola puede escribirse de la siguiente manera:

$$y = ax^2 + bx + c, \qquad \text{cuando } a \neq 0.$$

Cuando se conoce la ecuación de una parábola, ésta se puede graficar sobre papel cuadriculado, sustituyendo los diversos valores para x e y.



Fig. 11-25. Esta antena de rastreo es una aplicación de un cascarón parabólico. (Cortesía de Ryan Aeronautics.)

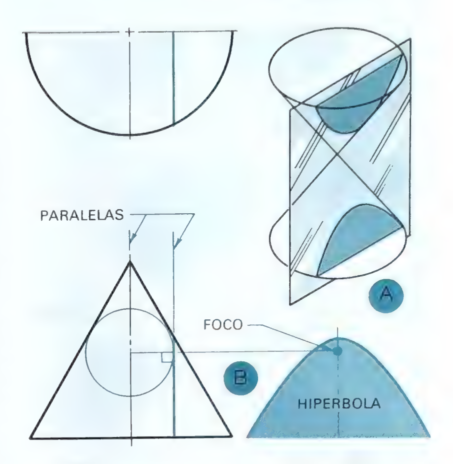


Fig. 11-26. Construcción de la sección hiperbólica de un cono.

Hipérbola: La hipérbola es la línea de intersección formada por un plano secante que se pasa por un cono de tal manera que el primero forme un ángulo de 90° o menos con la base del segundo y que, al mismo tiempo, sea mayor que el ángulo entre los elementos y la base del cono. La fig. 11-26A muestra una hipérbola construida mediante la intersección de un plano secante con dos conos.

En la parte B de la figura se traza la vista de filo del plano secante en la vista de frente. La línea de intersección de este plano secante se encuentra en la vista de arriba empleando planos secantes horizontales, como se muestra en la fig. 11-19. Para encontrar el verdadero tamaño de la hipérbola se emplea una vista auxiliar, en este caso una vista de lado derecho. En el vértice del cono se construye un círculo que, en la vista de frente, sea tangente a la hipérbola y a los lados del cono. El punto de tangencia entre el círculo y el plano determina el foco.

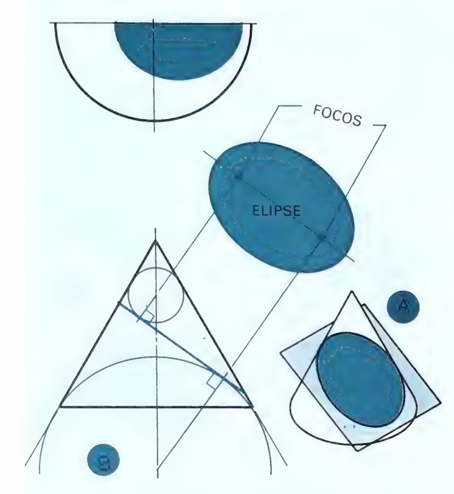


Fig. 11-27. Construcción de la sección elíptica de un cono.

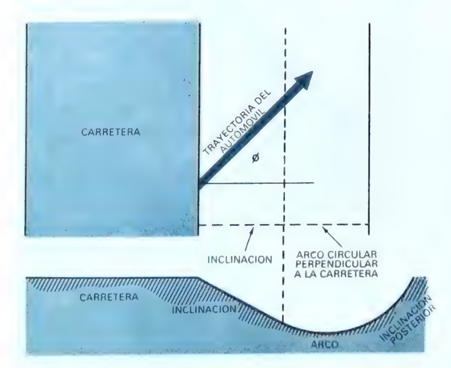


Fig. 11-28. Esta cuneta lateral de sección transversal circular hace que un auto que se salga de la carretera tome una trayectoria elíptica. Esta forma de la cuneta es efectiva para desacelerar el vehículo con seguridad. (Cortesía de General Motors Corporation.)

Una hipérbola se define como la trayectoria de un punto que se mueve en una dirección tal que la diferencia de sus distancias a dos focos es constante. Su ecuación matemática es la siguiente.

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1, \qquad \text{cuando} \quad a, b \neq 0.$$

Elipse. La línea de intersección de un plano que corta el eje del cono en un ángulo diferente de 90° y sobre la base es una elipse (figura 11-27). Una elipse es la trayectoria de un punto que se mueve de tal manera que la suma de sus distancias a dos focos es constante.

En la parte *B* de la figura se traza la vista de filo del plano secante de tal manera que atraviese el cono. La vista de arriba de la línea de proyección se encuentra proyectando a esta vista los puntos establecidos por las proyecciones de planos secantes horizontales. El tamaño verdadero de la elipse se obtiene en una vista auxiliar. Los focos se localizan trazando en la vista de frente dos arcos de circunferencia, los cuales representan esferas que son tangentes al cono y al plano de la elipse. Los puntos de tangencia entre las esferas y la elipse son los focos, los cuales se proyectan a la vista auxiliar.

La elipse también se obtiene pasando un plano por el eje de un cilindro de tal manera que forme con éste un ángulo diferente de 90°. Este principio se emplea en el diseño experimental de las cunetas laterales de las carreteras, las cuales se construyen para disminuir el impacto de los automóviles cuando se salen de la carretera en ángulo a altas velocidades (fig. 11-28). Para encontrar el efecto de la curvatura de la parte inferior de la cuneta sobre la aceleración y desaceleración, se pueden aplicar las leyes del movimiento y las matemáticas. La trayectoria real del automóvil se puede graficar en una vista auxiliar, que debe mostrar el tamaño verdadero del plano que contiene la trayectoria elíptica.

La ecuación de la elipse es:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad \text{cuando} \quad a, b \neq 0.$$

En esta ecuación a y b son iguales a los semiejes mayor y menor, respectivamente.

Círculo. La línea de intersección de un plano que atraviesa un cono y es perpendicular a su eje, es un círculo (fig. 11-29A). El círculo es la trayectoria de un punto que se mueve de tal manera que su distancia al centro es constante. Su ecuación es:

$$\frac{x^2}{r^2}+\frac{y^2}{r^2}=1, \quad \text{cuando} \quad r \neq 0.$$

En esta ecuación r es igual al radio del círculo. En la fig. 11-29A se muestra la intersección circular formada por el plano secante.

11-10 INTERSECCION ENTRE UN PRISMA Y UNA PIRAMIDE

La intersección entre un prisma y una pirámide se puede encontrar por un método análogo al empleado en la fig. 11-21. En el paso 1 de la fig. 11-30 se construye una vista auxiliar que muestre de filo las caras del prisma. En esta vista se trazan planos secantes que pasen por el vértice de la pirámide y las aristas del prisma (paso 2). Las líneas OA y OB se encuentran en las vistas principales por proyección. En los pasos 2 y 3, las aristas del prisma se proyectan hasta estas líneas para encontrar los puntos de intersección, los cuales se unen para producir la línea de intersección. La perspectiva adyacente al paso 1 ilustra el principio del plano secante empleado para resolver este problema de intersección.

En la fig. 11-31 se encuentra la intersección entre un prisma horizontal y una pirámide mediante el método del plano secante horizontal. A partir de la vista de arriba se proyecta una vista auxiliar, en la cual aparezcan de filo las caras del prisma. En las vistas auxiliar y de frente se trazan planos secantes horizontales, puesto que en ellas aparecen como filos paralelos a la horizontal. Estos planos producen en la vista de arriba secciones triangulares que tienen sus lados paralelos a la base de la pirámide. Obsérvese que estos planos se trazan de tal manera que pasen por las aristas del prisma. Cada arista se prolonga en la vista de arriba hasta la intersección con la sección

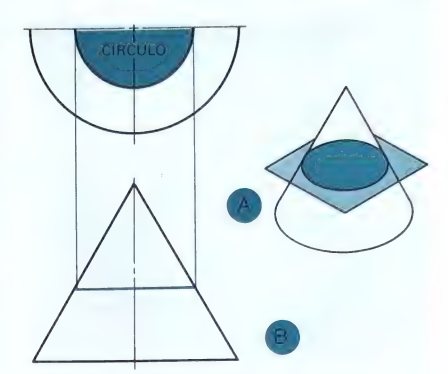


Fig. 11-29. Construcción de la sección circular de un cono.

de la pirámide correspondiente al plano secante que pasa por la arista en estudio. El plano B se emplea para localizar el punto X en la vista auxiliar; éste es el punto en el cual quiebra la línea de intersección 1-X-3 sobre la recta O-2. En cada vista se determina la visibilidad.

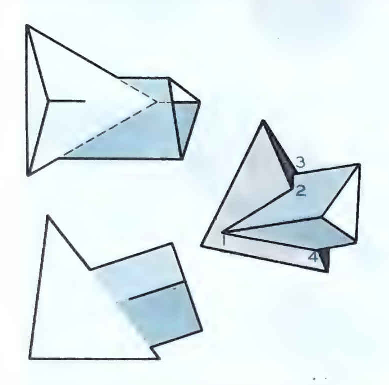
La intersección se podría haber encontrado mediante planos secantes radiales, como en la figura 11-30. Como se ha podido observar en estos ejemplos, el empleo de un método sistemático para marcar los puntos importantes es de gran ayuda en problemas de intersecciones.

La fig. 11-32 muestra el interior de una estación de compresores, en la cual se comprime gas natural y se lleva por medio de tuberías a través de grandes distancias. En esta compleja instalación son aparentes muchos problemas de intersección. Las complicadas instalaciones de este tipo se presentan como combinación de planos y modelos para aumentar la visualización y comunicación de las relaciones espaciales.

11-11 INTERSECCION ENTRE UNA ESFERA Y UN PLANO

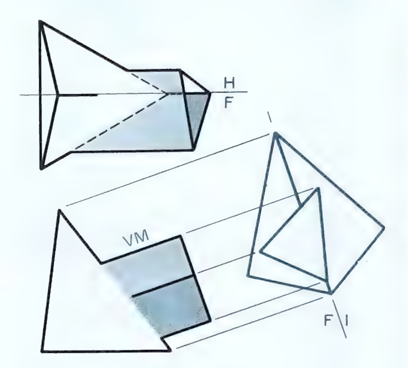
La esfera es una forma que tiene muchas aplicaciones en ingeniería, desde tanques para

FIG. 11-30. INTERSECCION ENTRE UN PRISMA Y UNA PIRAMIDE

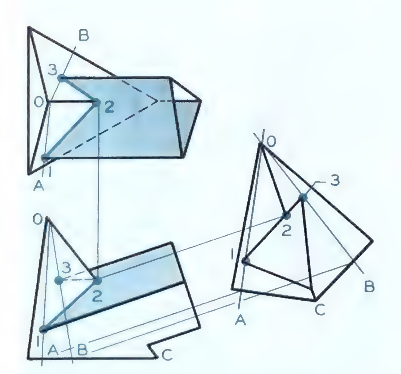




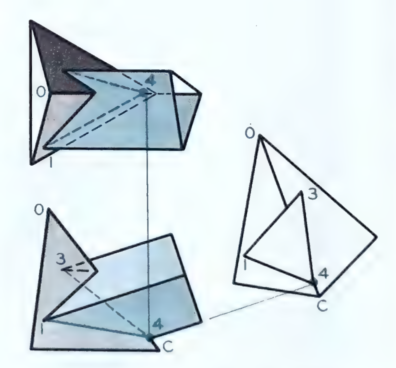
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de un prisma que interseca una pirámide.
Se pide: Encontrar la línea de intersección entre las dos formas geométricas.
Referencia: Sección 11-10.



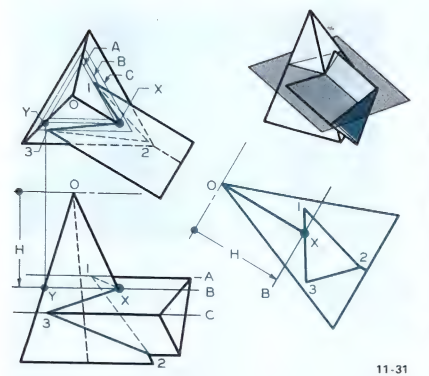
Paso 1: Construya a partir de la vista de frente una vista auxiliar en la cual las caras del prisma aparezcan de filo. Proyecte la pirámide a esta vista. En esta vista sólo es necesario mostrar las superficies visibles.



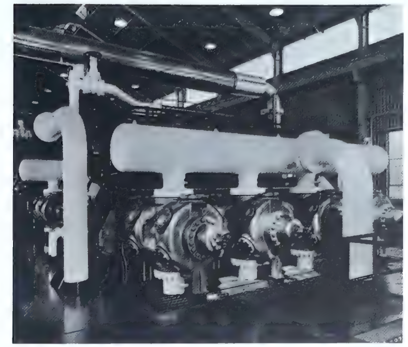
Paso 2: En la vista auxiliar trace los planos *A* y *B* de manera que pasen por el vértice *O* y los puntos 1 y 3. Proyecte a las vistas de frente y de arriba las intersecciones de los planos *OA* y *OB* con las caras de la pirámide. Proyecte a las vistas principales los puntos 1 y 3 sobre *OA* y *OB*, respectivamente. El punto 2 está sobre la recta *OC*. Una los puntos 1, 2 y 3 para encontrar la intersección de la cara superior del prisma con la pirámide.



Paso 3: El punto 4 está sobre la recta *OC* de la vista auxiliar; proyéctelo a las vistas principales. Una el punto 4 con los puntos 3 y 1 para completar la intersección. Se indica la visibilidad. Obsérvese que estas formas geométricas se consideran huecas, como si fueran construidas de lámina metálica.



11-31



11-32

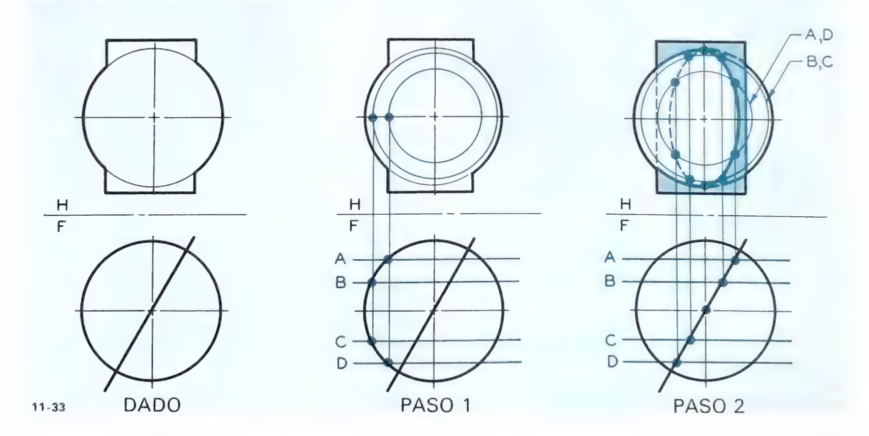
almacenamiento de petróleo hasta el trazado de las trayectorias de los satélites que viajan por el espacio. En la fig. 11-33 se muestra un ejemplo de intersección entre una esfera y un plano.

Dadas: Las vistas de frente y arriba de una esfera y un plano que se intersecan. Se pide encontrar la línea de intersección entre ellos.

Fig. 11-31. Determinación de la línea de intersección entre una pirámide y un prisma mediante planos secantes horizontales.

Fig. 11-32. En esta estación de compresores se observan ejemplos de intersecciones de gran variedad de formas geométricas. (Cortesía de Trunkline Gas Company.)

Fig. 11-33. Determinación de la intersección entre un plano y una esfera.



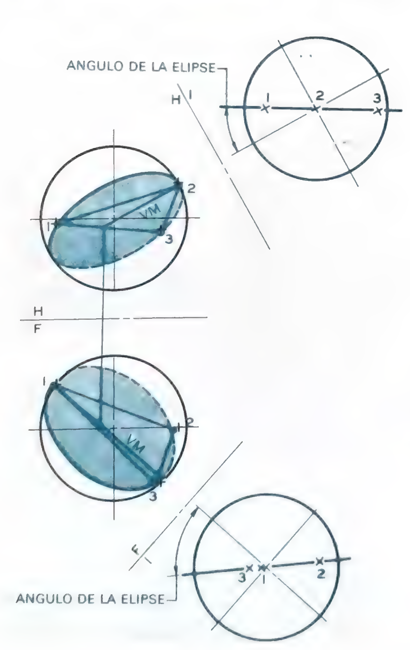
11-33



Fig. 11-34. Los miembros estructurales de esta forma esférica representan la intersección entre los planos secantes imaginarios y la esfera.



Fig. 11-35. Las trayectorias orbitales, representadas por anillos metálicos que envuelven la esfera, se pueden proyectar sobre la superficie de ésta para localizar sus elementos de soporte. (Cortesía, con la figura anterior, de U. S. Steel Corporation.)



Paso 1: El plano aparece de filo en la vista de frente. En esta vista se trazan planos secantes horizontales que corten la esfera de manera que establezcan secciones circulares en la vista de arriba.

Paso 2: Los puntos de intersección con la esfera de la vista de frente se proyectan a la vista de arriba sobre sus respectivas secciones circulares. La línea de intersección resultante en la vista de arriba será una elipse y aparecerá como círculo cuando la línea de vista sea perpendicular al plano.

Se podría haber dibujado la elipse con una plantilla seleccionada por el ángulo formado entre la vista de filo del plano de la vista de frente y las proyecciones procedentes de la vista de arriba. El diámetro mayor de la elipse sería igual al diámetro de la esfera, puesto que el plano pasa por el centro de ésta.

En el Unisferio ® de la fig. 11-34, parcialmente construido, los miembros estructurales representan intersecciones entre planos secantes imaginarios y la superficie de la esfera. Todos los círculos que pasan por los polos son de igual tamaño, mientras que los que pasan perpendicularmente al eje de la esfera

Fig. 11-36. Determinación de la localización de una trayectoria orbital sobre una esfera.



Fig. 11-37. Las estaciones de rastreo se usan para proyectar la trayectoria de un satélite sobre la superficie esférica de la tierra. (Cortesía de Coast and Geodetic Survey.)

varían de tamaño. Para aproximar la forma esférica en la cual aparecerá el Unisferio ® terminado, se utilizan elementos rectos (figura 11-35). Las trayectorias de los satélites, construidas con anillos metálicos, se pueden proyectar a la superficie del globo para obtener trayectorias circulares que aparecerán como elipses en la vista mostrada.

La esfera de la fig. 11-36 tiene tres puntos, 1, 2 y 3, localizados sobre su superficie. Se va a trazar una circunferencia que contenga estos tres puntos y que esté sobre la superficie de la esfera. Este problema se resuelve dibujando el plano que contiene el círculo plano 1-2-3, en las vistas de arriba y frente. Este plano aparece de filo en las vistas auxiliares proyectadas a partir de las vistas de frente y arriba, como se muestra. El ángulo de la elipse para cada arista se determina midiendo el ángulo formado por las líneas de proyección y la vista de filo del plano en la vista auxiliar respectiva. Los ejes mayores de la elipse se trazan paralelos a las líneas en verdadera magnitud contenidas en el plano 1-2-3 de las vistas de frente y arriba.

Los satélites que giran alrededor de la tierra se rastrean determinando la línea de intersección entre sus planos de vuelo y la superficie de la tierra. Las estaciones de rastreo (figura 11-37) reciben señales emitidas por el satélite, las cuales dan su localización en el espacio en un momento determinado. Otras locali-

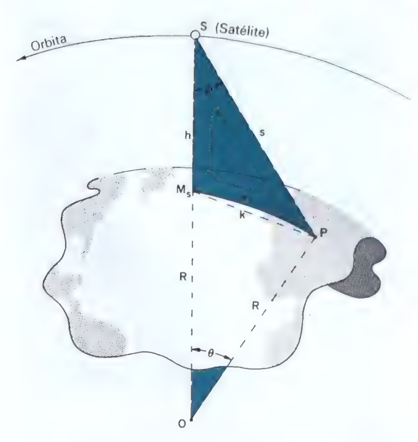


Fig. 11-38. Proyección de la trayectoria de un satélite sobre la superficie de la tierra

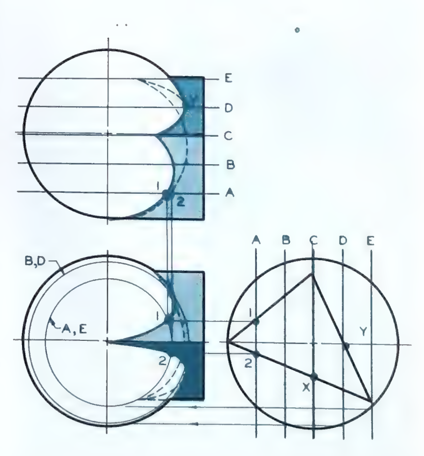
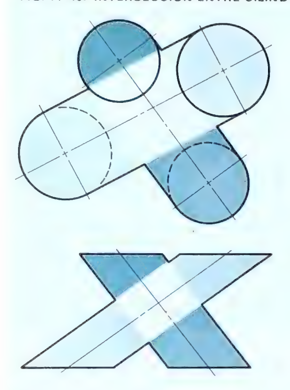
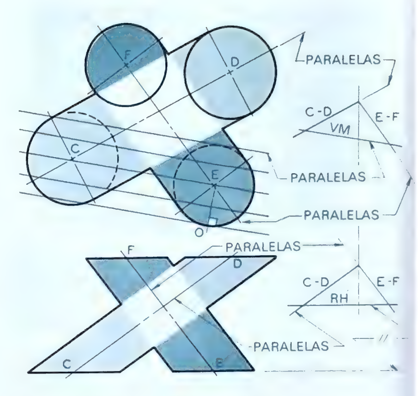


Fig. 11-39. Determinación de la intersección entre una esfera y un prisma.

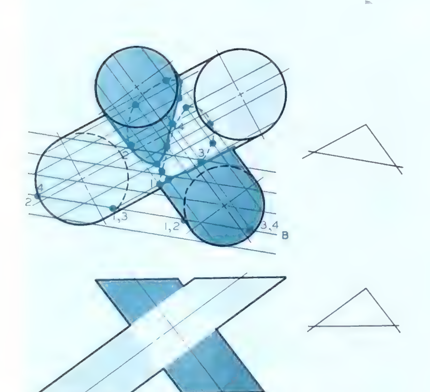
FIG. 11-40. INTERSECCION ENTRE CILINDROS OBLICUOS



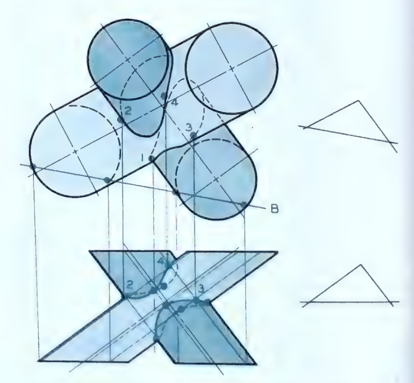
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de los cilindros que se intersecan.
Se pide: Encontrar en ambas vistas la línea de intersección entre ellos.
Referencia: Sección 11-13.



Paso 1: Construya un plano triangular que contenga las líneas paralelas a los ejes de los dos cilindros. Trace una línea horizontal en la vista de frente del plano triangular, de tal manera que esté contenida en las bases de los cilindros. Proyecte esta línea al plano triangular de la vista de arriba, donde su dirección se emplea como dirección de los planos secantes que se trazarán en esta vista de tal manera que sean paralelos a los ejes de los cilindros.



Paso 2: Las intersecciones de los planos secantes con las bases de los cilindros de la vista de arriba determinan los elementos de las mismas que son paralelos a sus ejes. Obsérvese que cada plano secante determina cuatro elementos. En los puntos en que estos elementos se cortan se obtienen puntos de la línea de intersección. Estos puntos se deben marcar como los cuatro puntos ilustrados en el ejemplo.



Paso 3: Proyecte los elementos de los cilindros de la vista de arriba a la vista de frente. Como ejemplo, se han proyectado varios puntos. La visibilidad de esta vista se determina analizando la vista de arriba

zaciones en el espacio establecen su plano de viaje y, por consiguiente, la proyección de su trayectoria sobre la tierra. La intersección del plano de la órbita de un satélite con la superficie de la tierra se ilustra en la fig. 11-38. La trayectoria sobre la tierra se averigua proyectanndo la trayectoria orbital hacia el centro de la tierra para localizar los puntos *M* y *P*.

11-12 INTERSECCION ENTRE UNA ESFERA Y UN PRISMA

En la fig. 11-39 se muestra un prisma que interseca una esfera. En las vistas de arriba y lado se trazan planos secantes paralelos al plano frontal, los cuales aparecen como círculos en la vista de frente. Las intersecciones entre los planos secantes y las aristas del prisma en la vista de lado se proyectan a la vista de frente, donde se deben intersecar con sus respectivos círculos, v. gr.: los formados por el mismo plano secante. *Ejemplo:* los puntos 1 y 2 están sobre el plano secante *A* de la vista de lado y se proyectan a la vista de frente sobre el círculo *A*, el cual fue establecido por el plano secante *A*. El punto *X* de la vista de lado localiza el punto en que la visibilidad de la vista de frente cambia. El punto *Y* de la vista de lado es el punto en el cual la visibilidad de la vista de arriba cambia. Obsérvese que estos dos puntos están colocados en la vista de lado sobre las líneas de eje de la esfera.

11-13 INTERSECCION ENTRE DOS CILINDROS OBLICUOS

Como se muestra en la fig. 11-40, para determinar la intersección entre dos cilindros oblicuos se debe trazar un plano en el espacio que sea paralelo a ambos cilindros. Este plano será un plano que contenga líneas paralelas a los ejes de ambos cilindros, como se muestra en el paso 1. Es necesario que, en la vista de arriba de los cilindros, estos planos aparezcan como planos secantes; en consecuencia, se construye en la vista de frente una línea del plano que sea paralela a la vista de filo de los planos de la base del cilindro. Esta línea se proyecta a la vista de arriba, en la

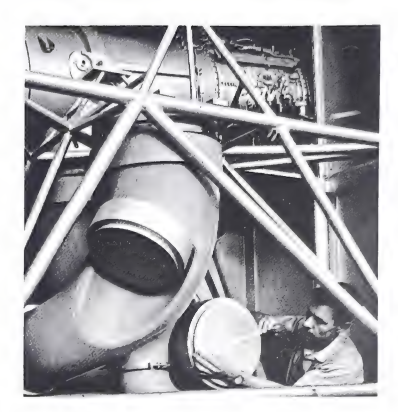
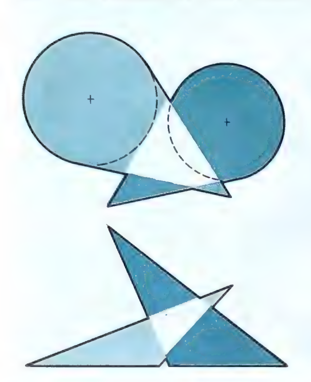


Fig. 11-41. La intersección de estas formas cilíndricas es un ejemplo del principio estudiado en la sección 11-13. (Cortesía de Ryan Aeronautical Company.)

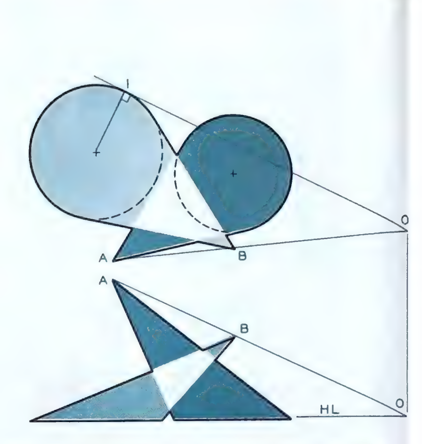
cual su dirección representará la línea de intersección entre los planos secantes y las bases de los cilindros en dicha vista. Como se muestra en el paso 1, se traza una serie de planos a través de las bases y los elementos de los cilindros se trazan paralelos a sus ejes, como se muestra en el paso 2. Los elementos contenidos sobre un mismo plano secante establecen puntos de la línea de intersección cuando se cortan en la vista d arriba. Un procedimiento sistemático para marcar estos puntos ayudará a localizarlos a medida que se encuentran. Los puntos se unen en serie para obtener las líneas de intersección de la vista de arriba que se muestran en el paso 2.

Los elementos de cada cilindro se proyectan a la vista de frente, donde serán paralelos a los ejes del respectivo cilindro. Los puntos de las líneas de intersección de la vista de arriba que están contenidos en los planos secantes se proyectan a la vista de frente y se unen para encontrar las líneas de intersección. La visibilidad de cada uno de ellos se obtiene examinando cada par de elementos que se cortan. Si ambos elementos son visibles, sus puntos de intersección serán visibles. Si

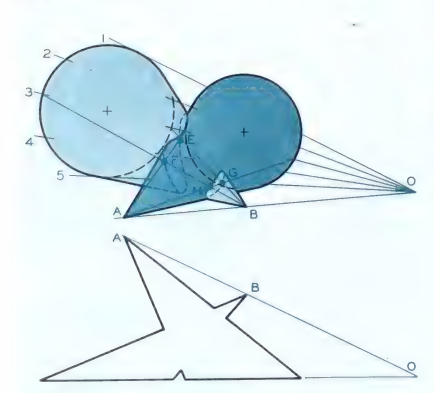
FIG. 11-42. INTERSECCION ENTRE CONOS



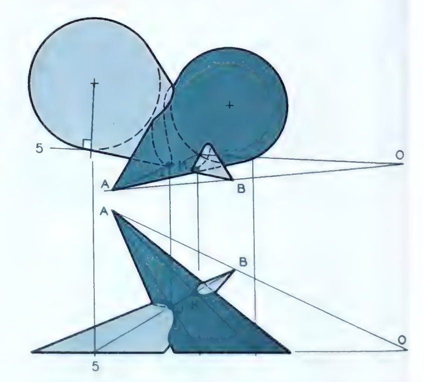
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de dos conos, que se intersecan.
Se pide: Encontrar en ambas vistas las líneas de intersección de los dos conos.
Referencia: Sección 11-74.



Paso 1: En la vista de frente trace una línea que pase por los dos vértices *A* y *B* y prolónguela hasta el punto *O* sobre el plano que contiene las bases de los dos conos. Proyecte la línea *ABO* a la vista de arriba y trace la línea *O*-1 de manera que corte las dos bases, como se muestra. Este plano determinará elementos de los dos conos, puesto que los dos vértices están sobre una línea común. Obsérvese que la línea *OC* es tangente al cono *B*.



Paso 2: Trace una serie de planos que tengan en común la línea *AO* y una segunda línea sobre el plazo horizontal de las bases. Estos planos secantes establecen cuatro elementos sobre cada cono, los cuales se unen como se ilustra para encontrar los puntos *E*, *F*, *G* y *H* en los sitios en que se cortan elementos comunes. Localice otros puntos y únalos para encontrar las líneas de intersección.



Paso 3: Proyecte a la vista de frente los elementos utilizados en la vista de arriba. También proyecte los puntos que están sobre ellos. Los puntos *J* y *K* sobre el plano *AO5* se proyectan para ilustrar este método de encontrar la línea de intersección en la vista de frente. Determine la visibilidad. El plano *AO5* determina sólo dos puntos, puesto que es tangente a uno de los conos.

sólo un elemento es visible, el punto de intersección no es visible.

En la fig. 11-41, los ductos que se cortan en ángulos poco comunes exigen el mismo tratamiento de la fig. 11-40. Las líneas de intersección se utilizaron para diseñar las uniones entre los ductos.

11-14 INTERSECCION ENTRE CONOS

Se desea determinar la línea de intersección entre los conos de la fig. 11-42. Se necesita una serie de planos secantes que determinen elementos de cada cono, los cuales se utilizarán para encontrar puntos de intersección que pertenezcan a las líneas de intersección. Un plano trazado de tal manera que contenga una línea que pase por los vértices de ambos conos y otra línea que pase por las bases de ellos, determinará elementos sobre cada cono. En el paso 1, se establece un plano de este tipo. En el paso 2, se trazan cinco planos secantes, en los cuales la línea *OA* es común a todos ellos y las líneas que cortan las bases se trazan todas pasando por el punto *O*. Los elementos establecidos por los planos secantes se proyectan hasta sus puntos de inte sección. Obsérvese que el plano secante 3, se une para localizar los puntos *E*, *F*, *G* y *H*. En la vista de arriba se unen todos los puntos de intersección en serie para encontrar las líneas de intersección de los dos conos.

Los elementos determinados por los planos secantes se proyectan a la vista de frente, de tal manera que los puntos encontrados en la vista de arriba se puedan proyectar a esta vista. Como un ejemplo, los puntos *J* y *K* se proyectan a la vista de frente. La visibilidad se determina en cada vista, analizando los elementos que se utilizaron para encontrar los puntos. Para que un punto de intersección sea visible, los dos elementos que se cortan en éste deben ser visibles.

11-15 RESUMEN

De los ejemplos dados en este capítulo se puede deducir que los principios de intersección tienen muchas aplicaciones en ingeniería, tecnología y ciencia. El uso de los principios de intersección implica la mayoría de los principios y técnicas de geometría descriptiva y proyección ortogonal previamente estudiados. Los puntos de intersección y el análisis de visibilidad se pueden repasar en el capítulo 7, como una ayuda para entender mejor las intersecciones. Las vistas auxiliares (simples y secundarias) se emplean para encontrar las intersecciones de formas geométricas, como se vio en los capítulos 8 y 9.

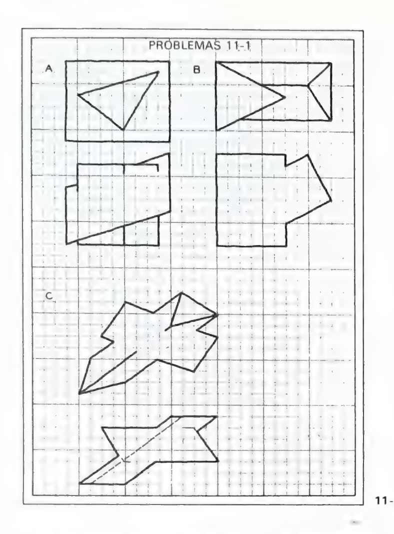
Los principios fundamentales estudiados en este capítulo son básicos para, prácticamente, cualquier problema que tenga intersecciones. Se debe prestar atención siempre para identificar una intersección en función de sus elementos geométricos. Quizás para obtener la configuración de un diseño se usan varias formas. Las intersecciones serán fáciles de encontrar si el problema se trata como si implicara la intersección entre dos elementos, luego entre otros dos, etc., en serie, hasta que se encuentre la línea de intersección completa.

El estudiante debe entender completamente los principios de intersección antes de continuar con el capítulo 12.

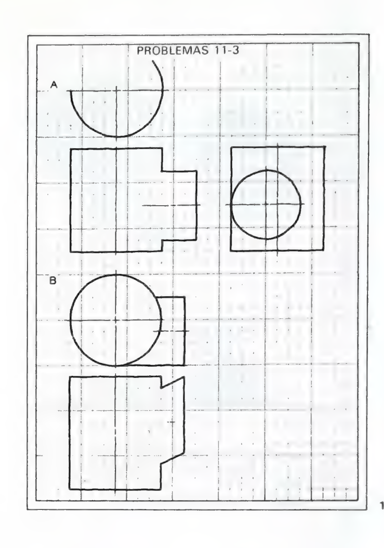
PROBLEMAS

Generalidades

Los problemas de este capítulo deben trazarse *con instrumentos de dibujo* a partir de los bosquejos dados, en hojas de papel de 21 × 28 cm, como se muestra en las figuras que los acompañan. Para distribuir los problemas sobre papel blanco o cuadriculado, se considera que cada cuadrado representa 5 mm. Todos los planos de referencia y los puntos de las figuras deben marcarse utilizando guías y con letras de 3 mm. Las soluciones deben acompañarse de notas suficientes y deben marcarse de manera que expliquen totalmente la construcción. Véase la sección 1-19.



11-43



11-45

PROBLEMAS 11-2
A
B

11-44

1. (A) En la fig. 11-43A, encuentre la intersección entre el prisma y el plano. (B) Encuentre mediante el método de proyección la intersección entre los dos prismas de la parte B de la figura. (C) Encuentre mediante el método de proyección la intersección de los cuerpos de la parte C de la figura. En una hoja aparte, distribuya el mismo problema y resuélvalo por el método de la vista auxiliar.

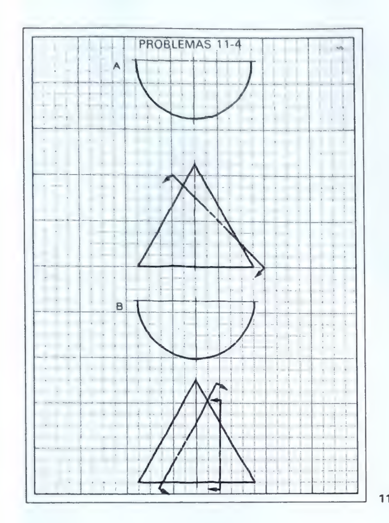
2. (A) En la fig. 11-44A, encuentre la intersección entre el cilindro y el plano. (B) En la parte B de la figura encuentre la intersección entre el cilindro y el prisma.

3. En la fig. 11-45A, encuentre la intersección entre los dos cilindros. En la parte B de la

Fig. 11-43. Intersección de planos y prismas

Fig. 11-44. Intersección de cilindros y planos

Fig. 11-45. Intersección de cilindros



11-46

PROBLEMAS 11-5

11-47

figura encuentre la intersección entre los dos cilindros.

4. (A) En la fig. 11-46A encuentre la vista de arriba de la intersección del plano secante y construya la vista auxiliar de la sección. ¿Qué tipo de sección cónica es? (B) En la parte B de la figura, encuentre las intersecciones de los planos secantes de la vista de frente. Construya las secciones indicadas por los planos secantes y en cada cono identifique los tipos de secciones cónicas.

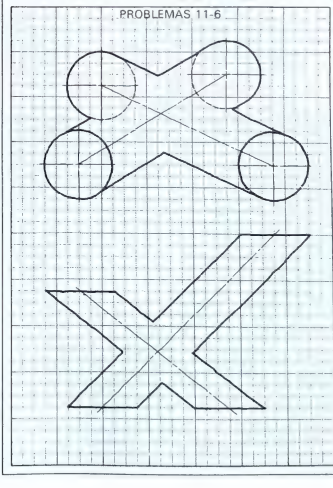
5. (A) En la fig. 11-47A, se dan dos vistas de una esfera. Los puntos *A* y *B* están situados en la superficie de la misma y el punto *C* es el centro de ésta. Encuentre la línea de intersección entre la esfera y el plano que



Fig. 11-46. Secciones cónicas.

Fig. 11-47. Intersecciones con esferas.

Fig. 11-48. Intersección entre cilindros oblicuos.



11-48

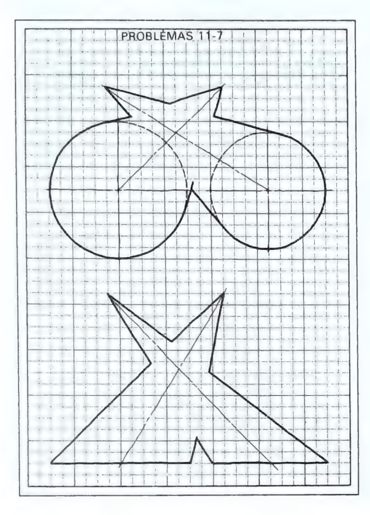
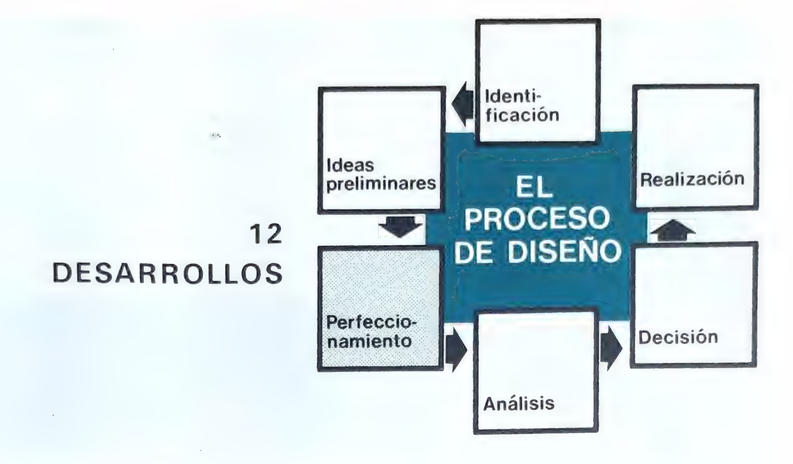


Fig. 11-49. Intersección entre conos oblicuos.

contiene estos tres puntos si se le prolonga hasta que corte completamente la esfera. Muestre la línea de intersección en todas las vistas. (B) Encuentre la intersección entre el prisma y la esfera de la parte *B* de la figura.

6. En la fig. 11-48, encuentre en ambas vistas la línea de intersección entre los dos cilindros oblicuos.

7. Encuentre las líneas de intersección de los dos conos oblicuos de la fig. 11-49. Muéstrelos en ambas vistas y determine su visibilidad.



12
DESARROLLOS

12-1 INTRODUCCION

El avión supersónico *Thunderchief* F-105 de la fig. 12-1 es un ejemplo de formas complicadas que se han construido con secciones hechas en lámina metálica plana. Este capítulo tiene que ver con los principios geométricos y las técnicas utilizadas para la fabricación de dichas formas a partir de materiales planos.

La confección de patrones planos para un objeto tridimensional implica un *desarrollo* («desdoblamiento») del mismo. Estos desarrollos están íntimamente relacionados con las intersecciones estudiadas en el capítulo 11, puesto que la preparación para la unión de los elementos de un objeto debe hacerse con base en un patrón plano.

Se pueden hacer desarrollos para cualquier tipo de aplicaciones, desde formas pequeñas hechas de lámina delgada hasta piezas complicadas tales como los elementos de una cápsula espacial, los cuales deben fabricarse con un alto grado de precisión. El modelo de la planta de procesamiento de la fig. 12-2 ilustra una



Fig. 12-1. La superficie de este avión *Thunderchief F*-105 es una aplicación de superficies desarrolladas, las cuales se diseñan para que se conformen a una forma determinada. (Cortesia de Republic Aviation Corporation.)

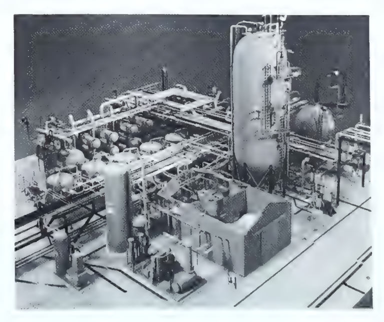


Fig. 12-2. En este modelo de una planta de procesamiento se pueden observar varios ejemplos de desarrollos e intersecciones. (Cortesia de Bechtel Corporation.)

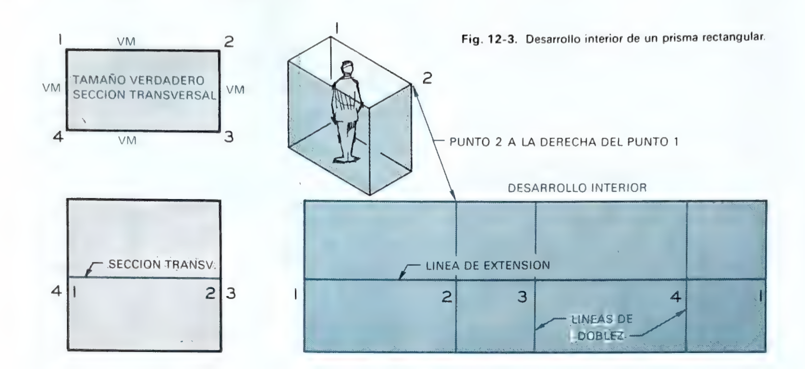


Fig. 12-3. Desarrollo interior de un prisma rectangular.

gran cantidad de formas que el diseñador debe idear, desarrollar y especificar. Bien sea que los diseños se fabriquen doblando metal plano o fundiendo un objeto pulido, el diseñador debe poseer un dominio de los principios fundamentales de los desarrollos. En este capítulo se verán los fundamentos de este campo y se relacionarán estos principios, en cuanto sea posible, con sus aplicaciones industriales.

12-2 DESARROLLO DE UN PRISMA

Un cilindro o un prisma (fig. 12-3) se pueden desenvolver o desdoblar de tal manera que resulte una plantilla o desarrollo interior o exterior. Generalmente, se desea un desarrollo interior, debido a que (1) la mayoría de las máquinas dobladoras se diseñan de tal manera que las marcas se doblan hacia adentro, y (2) las marcas y líneas hechas alrededor de la plantilla deben quedar ocultas cuando el desarrollo se ensamble.

La selección de una plantilla interior o exterior está condicionada por el material y equipo que se van a emplear. De todas formas, es importante que la plantilla *siempre* vaya marcada como interior o exterior según el caso. En los ejemplos siguientes, las plantillas serán interiores, puesto que son las más comunes; sin embargo, los principios aplicados para deducirlas se pueden aplicar a las plantillas exteriores.

Las reglas siguientes se aplican generalmente a cilindros y prismas y deben repasarse a medida que se resuelven los problemas de ejemplo. La regla más importante para los desarrollos es la que dice que *todas las líneas de un desarrollo deben estar en verdadera magnitud*.

Reglas para el desarrollo de cilindros y prismas.

1. Encuentre la vista en la cual la sección transversal aparezca de filo.
2. Dibuje la línea de extensión del desarrollo paralela a la vista de filo de la sección transversal.
3. Averigüe las distancias entre las aristas laterales, midiéndolas en la vista de la sección transversal en tamaño verdadero. Lleve las medidas sobre la línea de extensión y marque los puntos determinados por éstas.
4. Construya las líneas de doblez perpendiculares a la línea de extensión.
5. Establezca las longitudes de las líneas de doblez, proyectándolas de la vista en la cual la sección transversal aparezca de filo.
6. Asegúrese de que la línea en la cual se une el desarrollo sea la línea más corta, de tal manera que la cantidad de soldadura o el trabajo de unión sean mínimos.

7. Una secuencialmente todos los puntos para obtener el desarrollo.
8. Compruebe que el punto en el cual termina el desarrollo es el mismo punto inicial de la sección transversal.
9. Indique por medio de un letrero si el desarrollo es interior o exterior.

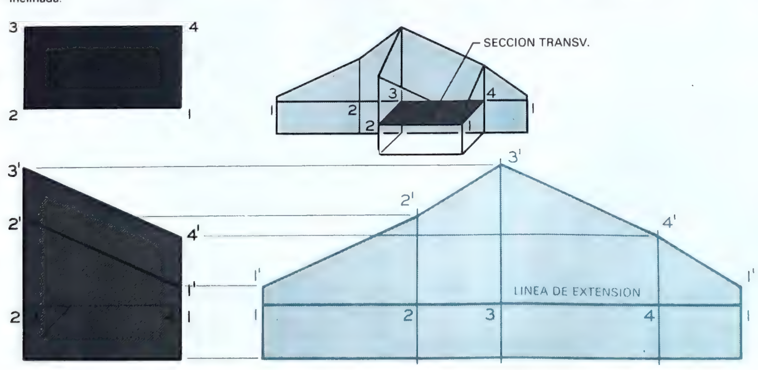
Estas reglas se aplicaron al problema de la fig. 12-3. Obsérvese que las líneas de doblez están en verdadera magnitud en la vista de frente y que la sección transversal aparece de filo en esta misma vista. La línea de extensión se trazó paralela a la vista de filo de la sección transversal, empezando en el punto 1. Si se desea un desarrollo interior, es necesario escoger el punto situado a la derecha del punto 1, puesto que el desarrollo se proyectará en esta dirección. Supóngase que el observador está situado dentro del prisma, como se muestra en el dibujo de la fig. 12-3, y está mirando la vista interior de la línea de doblez 1. Obsérvese que la vista de arriba se puede emplear para este análisis. Se ve que el punto 2 está a la derecha del punto 1, mientras que la línea 4 está a la izquierda del mismo; por tanto, la distancia 1-2 se toma de la vista de arriba y se lleva a la línea de extensión, localizando el punto 2 a la derecha del punto 1. Nótese que todas las líneas de la superficie de la sección transversal están en verdadera magnitud en la vista de arriba. Las líneas 2-3, 3-4, 4-1 se disponen una a continuación de otra sobre la línea de extensión. La longitud de cada línea de doblez se encuentra proyectando su verdadera magnitud de la vista de frente. Los extremos de estas líneas se unen para obtener el límite de la superficie desarrollada. Las líneas de doblez se trazan suavemente sobre el desarrollo.



Fig. 12-4. La superficie de esta tostadora es una aplicación del desarrollo de una forma rectangular. (Cortesía de General Electric Company.)

El cuerpo de la tostadora de la fig. 12-4 es un ejemplo de aplicación del principio de los desarrollos en el diseño de un artefacto de uso doméstico. La construcción de un objeto es más económica cuando se lleva a cabo dando forma a un pedazo continuo de material por medio de doblado que cuando se hace uniendo una serie de secciones. Las formaletas empleadas para verter concreto son otras aplicaciones de los desarrollos.

Fig. 12-5. Desarrollo interior de un prisma rectangular con una base inclinada.



Un prisma con un extremo inclinado se puede desarrollar de la misma manera en que se hizo en el ejemplo de la fig. 12-3, con la excepción de que la longitud de las líneas de doblez se debe encontrar proyectándola de la vista de frente. En este caso, estas líneas serán de diferentes longitudes, por lo cual se obtiene un desarrollo como el que se muestra en la fig. 12-5. El uso de un método para marcar ayudará en la identificación de los puntos de proyección, como se muestra en este ejemplo. Obsérvese que la sección transversal se emplea para fijar la dirección de la línea de extensión y como referencia para las medidas que determinarán los espacios entre las líneas de doblez.

El gigantesco transportador de carbón de la fig. 12-6 se desarrolló en forma de plantilla, la cual se unió para obtener el tamaño final. Los principios de solución no dependen del tamaño del problema. El material empleado en este ejemplo fue lámina de aluminio, la cual puede soportar diez veces su peso.

12-3 DESARROLLO DE PRISMAS OBLICUOS

Las vistas normalizadas de un prisma oblicuo pueden presentarse en un bosquejo preliminar, el cual debe analizarse para perfeccionamiento posterior. Las vistas normalizadas de un prisma pueden no mostrar su sección transversal de filo o ninguna de sus caras en tamaño verdadero. Si este es el caso, debe emplearse una vista auxiliar para obtener la información adicional necesaria para completar el desarrollo.



Fig. 12-6. El platón de aluminio de este transportador de carbón es un ejemplo de aplicación industrial de los desarrollos. (Cortesía de ALCOA.)

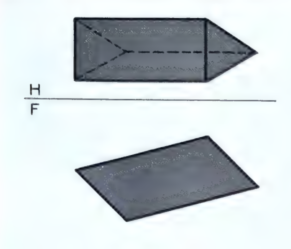
En la fig. 12-7 aparece un prisma inclinado respecto al plano horizontal y paralelo al plano frontal. Las aristas de éste aparecen en verdadera magnitud en la vista de frente, puesto que son rectas frontales. En la vista de frente, la sección transversal se puede trazar de filo y perpendicular a las líneas de doblez. Una vista auxiliar de la vista de filo de la sección mostrará el tamaño verdadero de ésta (paso 1). La plantilla se desenvuelve de la manera convencional, que se indicó en la sección 12-2, y la línea de extensión se traza paralela a la vista de filo de la sección transversal. Las medidas comprendidas entre las líneas de doblez se llevan al desarrollo a partir de la vista de la sección transversal en verdadera magnitud (paso 2). Los desarrollos de las bases se pueden encontrar en una vista auxiliar secundaria proyectada perpendicular a la vista de filo de éstas. Estas vistas se trazan como parte de la plantilla en la vista del desarrollo.

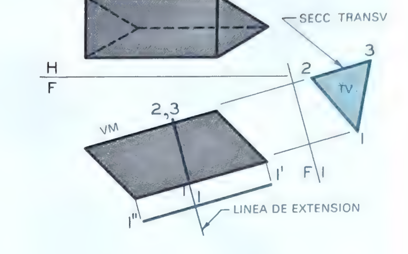
Un prisma oblicuo, que por estar inclinado con respecto a todos los planos principales no se proyecta en verdadera magnitud en ninguna de las vistas, se puede desarrollar como se muestra en la fig. 12-8: A partir de la vista de frente, se encuentra la verdadera magnitud de las aristas, proyectándolas a una vista auxiliar perpendicular a la dirección de éstas en dicha vista. La sección transversal aparecerá de filo en la vista auxiliar simple. La línea de extensión se traza paralela a la vista de filo. El tamaño verdadero de la sección transversal se encuentra en una vista auxiliar proyectada perpendicularmente a la vista de filo de ésta. Las líneas de doblez se localizan sobre la línea de extensión por medio de medidas tomadas sobre la sección transversal de la vista auxiliar secundaria. La longitud de las líneas de doblez se proyecta al desarrollo a partir de la vista auxiliar simple.

12-4 DESARROLLO DE CILINDROS

Los cilindros son formas básicas usadas extensamente en casi todas las áreas de la tecnología. Los grandes tanques de almacenamiento de la fig. 12-9 son muestras de los desarrollos

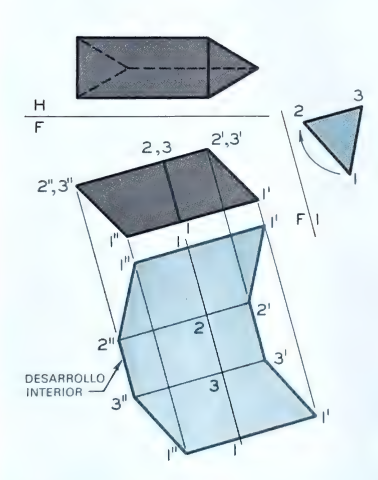
FIG. 12-7. DESARROLLO DE UN PRISMA OBLICUO



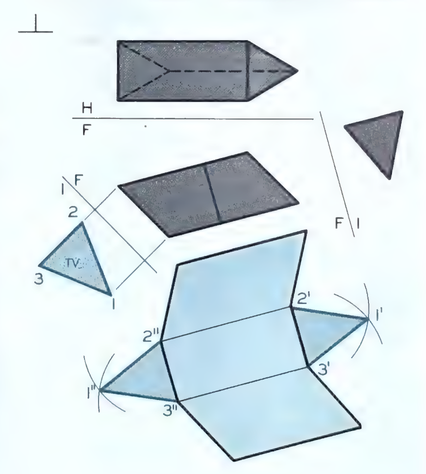


Dadas: Las vistas de frente y de arriba de un prisma oblicuo.
Se pide: El desarrollo interior de la superficie y las bases del prisma.
Referencia: Sección 12-3.

Paso 1: La vista de filo de la sección transversal aparecerá en la vista de frente perpendicular al eje del prisma en verdadera magnitud. Encuentre el tamaño verdadero de esta sección en una vista auxiliar. Trace la línea de extensión paralela a la vista de filo de la sección transversal. Proyecte la arista 1'-1'' como primera línea del desarrollo.



Paso 2: Puesto que la plantilla se desarrolla hacia la derecha, empezando con la línea 1'-1'', se encuentra en la vista auxiliar el siguiente punto, que corresponde a la línea 2'-2''. Lleve sobre la línea de extensión las longitudes de las líneas 1-2, 2-3 y 3-1 de la sección transversal para localizar los elementos. Por proyección, encuentre la longitud de las líneas de doblez.



Paso 3: Encuentre los tamaños verdaderos de las bases proyectando vistas auxiliares a partir de la vista de frente. Una estas superficies al desarrollo de los conos para completar la plantilla. Las líneas de doblez son líneas delgadas, en tanto que las líneas del contorno son líneas gruesas como las que generalmente se emplean para trazar líneas de contorno.

Fig. 12-8. Desarrollo interior de un prisma oblicuo.

cilíndricos que se pueden encontrar en la industria petrolífera. Estos tanques son recipientes eficientes y económicos para almacenamiento de derivados del petróleo. Obsérvese que estos cilindros no tienen líneas de doblez, puesto que sus superficies son líneas y curvaturas; sin embargo, fueron desarrollados empleando una serie de líneas sobre su superficie como si fueran líneas de doblez.

El ejemplo de la fig. 12-10 indica la forma en que se obtuvo el desarrollo interior de un cilindro. El eje de éste aparece en verdadera



Fig. 12-9. Los tanques de almacenamiento se diseñan empleando desarrollos cilíndricos. (Cortesía de Shell Oil Company.)

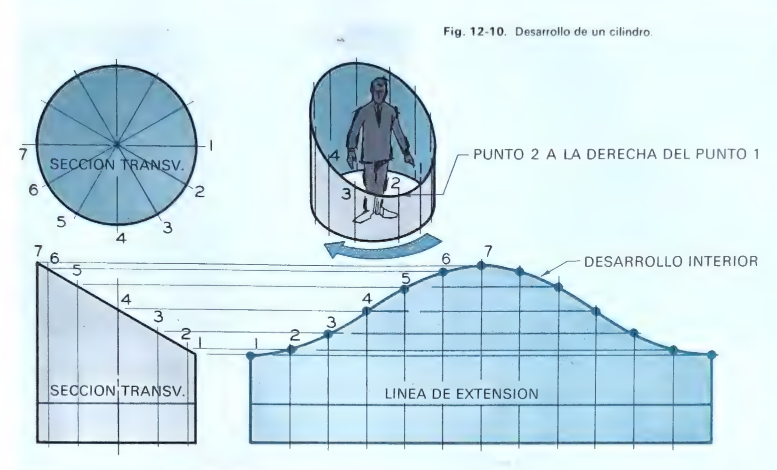


Fig. 12-10. Desarrollo de un cilindro.

magnitud en la vista de frente, lo cual permite mirar la sección transversal de filo, puesto que es perpendicular al eje. La línea de extensión se traza paralela a la vista de filo de la sección y se escoge el punto 1 como punto inicial, puesto que está situado sobre la línea más corta de la superficie del cilindro. Puesto que se desea un desarrollo interior, se debe suponer que el observador está colocado en el interior del cilindro, como se muestra en el dibujo de la fig. 12-10. La plantilla se desarrollará hacia la derecha, de tal manera que el observador estará interesado en saber qué líneas están a la derecha del punto 1. El primer punto a la derecha del punto 1 es el punto 2, el cual establece la secuencia de los puntos que se debe seguir para colocar las distancias entre las líneas del desarrollo, a lo largo de la línea de extensión. Estas distancias se miden en la vista de arriba, en donde la sección transversal aparece en verdadera magnitud, y se toman como distancias a lo largo de las cuerdas para aproximar la circunferencia y luego se trasladan al desarrollo. Mientras más pequeños sean los intervalos entre las líneas de la sección transversal más aproximado será el desarrollo gráfico a la circunferencia. Si la exactitud es un factor importante, la circunferencia se puede determinar matemáticamente para luego llevarla sobre la línea de extensión y dividirla en el número

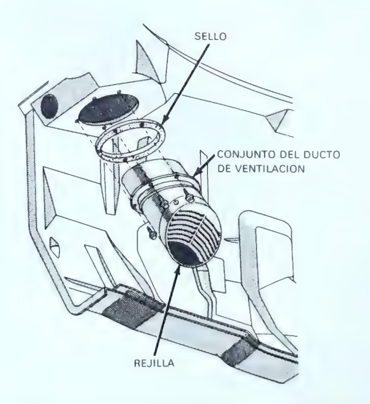


Fig. 12-11. Este ducto de ventilación se diseñó utilizando los principios de desarrollo. (Cortesia de Ford Motor Company.)



Fig. 12-12. En el diseño de este vehiculo de lanzamiento, *Hydra* 5, se necesitaron desarrollos cilíndricos. (Cortesia de U. S. Navy.)



Fig. 12-13. Los recipientes de prueba usados para simular el impacto de los meteoritos sobre vehiculos espaciales son ejemplos de desarrollos cilíndricos. (Cortesia de Arnold Engineering Development Center.)

de partes deseadas. Las líneas sobre la superficie del cilindro se proyectan de la vista de arriba a la vista de frente. Los extremos de estas líneas localizadas sobre la base inclinada del cilindro se proyectan sobre sus respectivas líneas de la vista desarrollada para, a continuación, unirlas con una curva suave.

Una aplicación práctica de este principio se ilustra en la fig. 12-11, en la cual se muestra un ducto de aire acondicionado usado en la ventilación de automóviles. Este ducto se desarrolló utilizando los mismos principios vistos en este articulo. El vehiculo de prueba *Hydra* 5 (fig. 12-12) está formado por varios desarrollos cilíndricos que exigen soluciones gráficas.

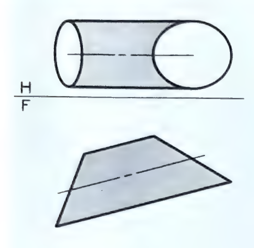
Los recipientes de prueba que se emplean para simular el impacto de los meteoritos sobre las naves espaciales utilizan formas cilíndricas, como se muestra en la fig. 12-13. En la parte posterior del laboratorio de la misma figura se pueden observar otras aplicaciones de los desarrollos cilíndricos.

12-5 DESARROLLO DE CILINDROS OBLICUOS

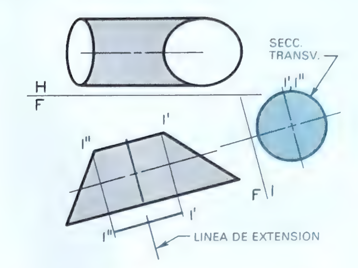
El cilindro oblicuo de la fig. 12-14 aparece en verdadera magnitud en la vista de frente, a la cual se proyecta de filo su sección transversal, puesto que es perpendicular a su línea de centro. La línea de extensión para el desarrollo se traza paralela a la vista de filo de la sección transversal (paso 1). El tamaño verdadero de esta sección se encuentra en una vista auxiliar. Algunas líneas de la superficie del cilindro se proyectan de la sección transversal a la vista de frente. Estos elementos se espacian igualmente sobre la línea de extensión de la vista del desarrollo, puesto que así están en la vista auxiliar. La longitud de los elementos se proyecta al desarrollo a partir de la vista de frente, donde aparecen en verdadera magnitud. Los extremos de los elementos se unen con una curva suave (paso 2). El tamaño verdadero de una de las bases elípticas se encuentra en una vista auxiliar como se muestra en el paso 3. Esta forma se dibuja unida al desarrollo. El desarrollo de la base opuesta se encuentra de igual forma en una vista auxiliar.

La fig. 12-15 es un ejemplo de un cilindro inclinado respecto a los planos principales en ambas vistas. La vista de filo de la sección transversal se encuentra en una vista auxiliar, a la cual se proyectan en verdadera magnitud los elementos del cilindro. La línea de extensión se traza paralela a la vista de filo. Los

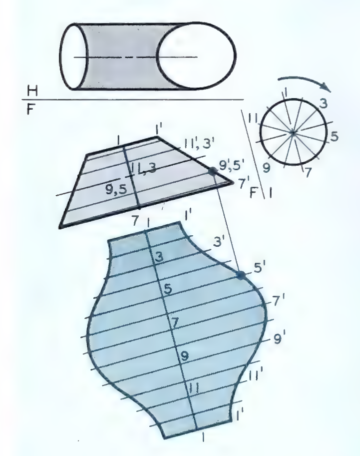
FIG. 12-14. DESARROLLO DE UN CILINDRO OBLICUO



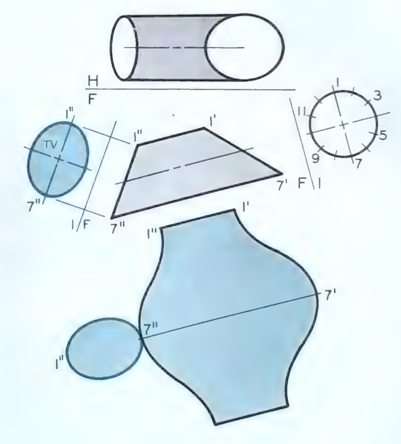
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de un cilindro oblicuo
Se pide: Encontrar el desarrollo interior del cilindro y sus bases.
Referencia: Sección 12-5.



Paso 1: La sección transversal aparece de filo en la vista de frente, puesto que es perpendicular al eje en verdadera magnitud. Construya una vista auxiliar para encontrar el tamaño verdadero de la sección transversal. Trace una linea de extensión paralela a la vista de filo de la sección transversal. Localice el elemento 1'-1".



Paso 2: Divida la sección en tamaño verdadero en partes iguales: los puntos de división representan la vista de punta de elementos de la superficie del cilindro. Proyecte estos elementos a la vista de frente. Lleve sobre la linea de extensión las distancias entre los puntos de la vista auxiliar para localizar los elementos en el desarrollo. Encuentre la longitud de estos elementos, proyectándolos para completar el desarrollo.



Paso 3: El desarrollo de las bases exigirá vistas auxiliares a las cuales se proyecten como elipses, así como se muestra para la base izquierda. Adhiera esta elipse en verdadera magnitud al desarrollo en un punto de éste. Observe que la linea de partida para el desarrollo, por economía, es la linea 1'-1" el elemento más corto.

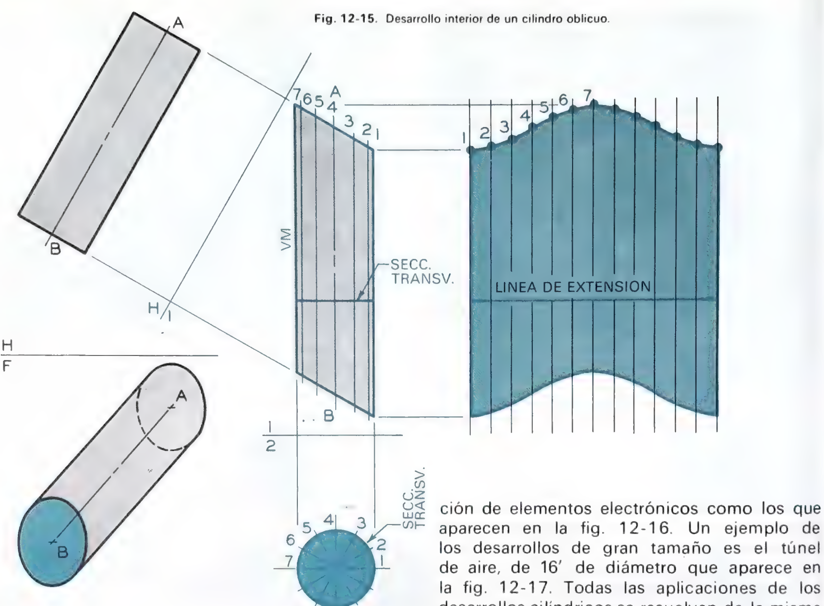


Fig. 12-15. Desarrollo interior de un cilindro oblicuo.

elementos se separan sobre la línea de extensión, con la distancia entre la vista de punta de los elementos de la vista auxiliar secundaria, en la cual la sección transversal aparece en tamaño verdadero. La longitud de los elementos del desarrollo se encuentra proyectando a partir de la vista auxiliar simple, en la cual éstos aparecen en verdadera magnitud. Los puntos extremos se unen con una curva suave. El desarrollo elíptico de la base inclinada se puede encontrar en una vista auxiliar secundaria, la cual se proyecta a partir de la vista auxiliar simple de una manera parecida a la que se mostró en el paso 3 de la fig. 12-14.

Las aplicaciones de los desarrollos de cilindros varían considerablemente en tamaño. Estos desarrollos son esenciales para la construcción de elementos electrónicos como los que aparecen en la fig. 12-16. Un ejemplo de los desarrollos de gran tamaño es el túnel de aire, de 16′ de diámetro que aparece en la fig. 12-17. Todas las aplicaciones de los desarrollos cilíndricos se resuelven de la misma manera, independientemente de su tamaño.

12-6 DESARROLLO DE PIRAMIDES

En la fig. 12-18 se muestra el desarrollo de una pirámide por medio de pasos sucesivos. Puesto que el punto *O* es común a todas las líneas de doblez, la línea de extensión no se puede emplear para este tipo de problemas; en cambio, se empleará para el desarrollo de una serie de triángulos adyacentes.

Recuérdese que *todas las líneas* de un desarrollo deben estar en verdadera magnitud. Las rectas 1-0 y 2-0 se rotan en la vista de arriba sobre el plano frontal, de manera que su verdadera magnitud se encuentre en la vista de frente, tal como se muestra. Todas las líneas de doblez son de igual longitud, puesto que la pirámide es recta; en consecuencia, en el

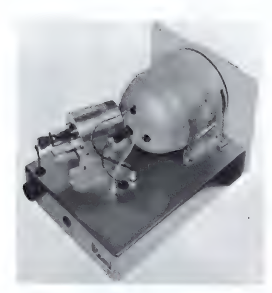


Fig. 12-16. Los desarrollos cilíndricos se usan para diseñar elementos electrónicos (Cortesía de ITT.)

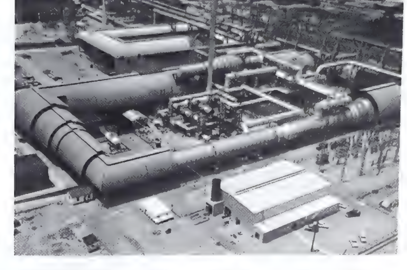
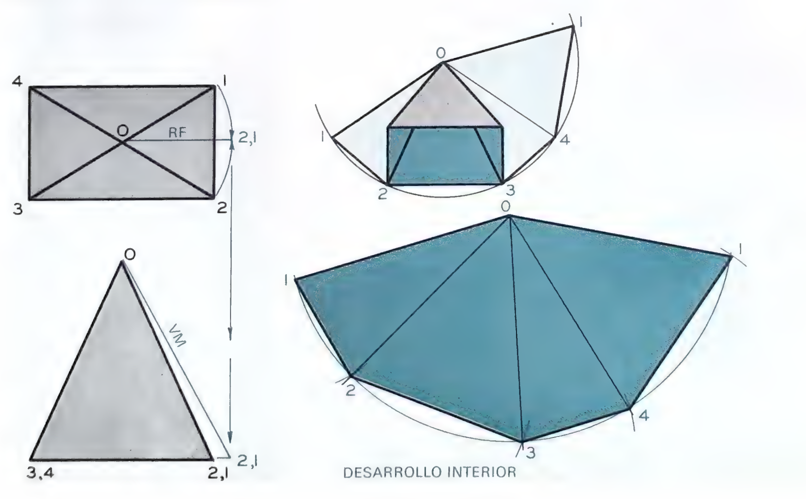


Fig. 12-17. Los túneles de viento se diseñan aplicando los desarrollos cilíndricos en gran escala. (Cortesía de Arnold Engineering Development Center.)

desarrollo, la línea 1-0 se emplea como radio para trazar un arco que contendrá todos los puntos de la base de la pirámide. Las líneas de la base aparecen en verdadera magnitud en la vista de arriba, puesto que están en un plano horizontal. La distancia 1-2 se mide en la vista de arriba y se lleva al desarrollo, en el cual representa la cuerda del punto 1 al punto 2 que descansa sobre el arco. Las líneas 2-3, 3-4 y 4-1 se encuentran de igual manera. Las líneas de doblez se trazan suavemente de la base al vértice, punto *O*.

Fig. 12-18. Desarrollo de una pirámide recta.



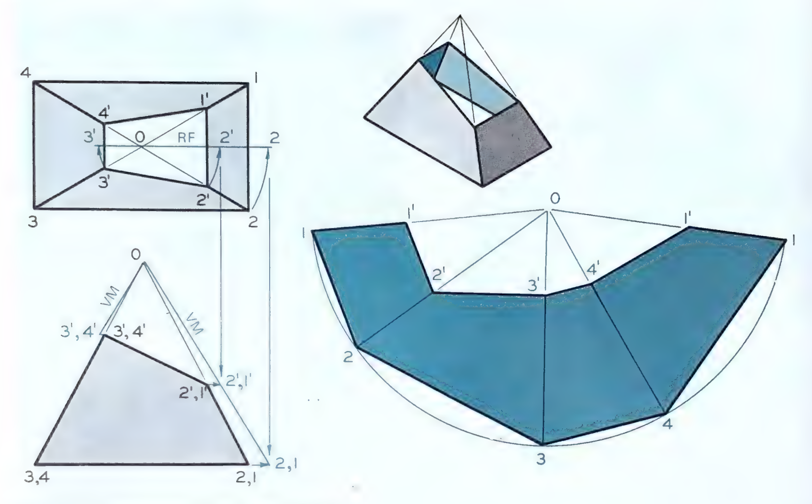


Fig. 12-19. Desarrollo interior de una pirámide truncada.

En la fig. 12-19 se da una variación de este problema; en este caso, a la pirámide se le ha hecho un corte que forma un ángulo con su eje. El desarrollo interior se encuentra de la misma manera que se vio anteriormente; sin embargo, se necesita un paso adicional para encontrar las líneas superiores del desarrollo. El desarrollo se efectúa como si fuera el de una pirámide continua del vértice *O* a la base. Las líneas en verdadera magnitud del vértice a los puntos 1′, 2′, 3′ y 4′ se encuentran por rotación, como se muestra. Estas distancias en verdadera magnitud se miden a lo largo de sus respectivas líneas y a partir del punto *O* para localizar el límite superior del desarrollo. Estos puntos se unen para completar el desarrollo interior de la pirámide truncada.

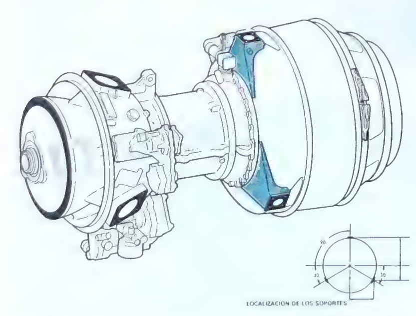
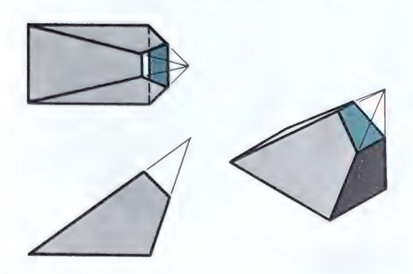


Fig. 12-20. Ejemplo de formas piramidales utilizadas en el diseño de los soportes de montaje de un motor. (Cortesía de Lycoming Division de Avco Corporation.)

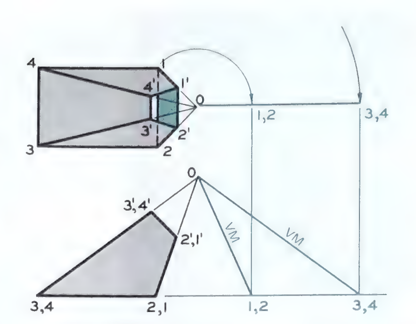
Los soportes de montaje de la fig. 12-20 son secciones de pirámides que intersecan el cuerpo del motor. Este es un ejemplo de un problema de diseño que contiene intersecciones y desarrollos.

En la fig. 12-21 se desarrolla una pirámide oblicua en pasos sucesivos para ilustrar el procedimiento de construcción del desarrollo.

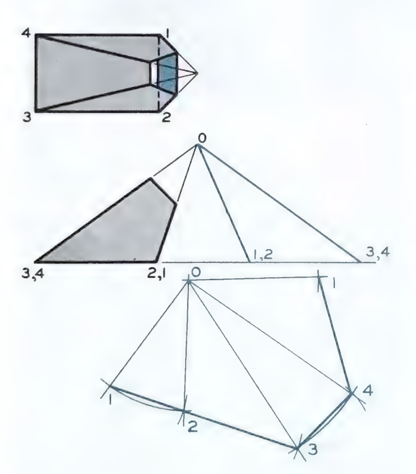
FIG. 12-21. DESARROLLO DE UNA PIRAMIDE OBLICUA



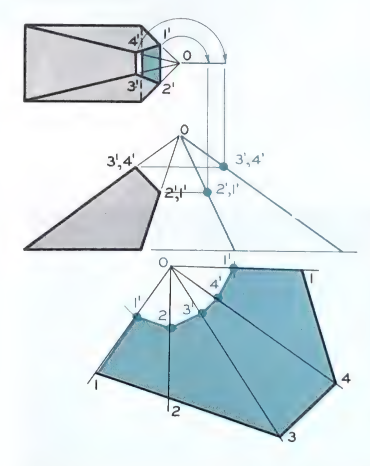
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de una pirámide oblicua truncada.
Se pide: Encontrar el desarrollo interior de la superficie de la pirámide.
Referencia: Sección 12-6.



Paso 1: En la vista de arriba rote cada una de las líneas de doblez hasta que aparezcan paralelas al plano frontal y proyéctelas a la vista de frente, donde estas líneas rotadas aparecerán en verdadera magnitud. El punto *O* permanece de filo. Los puntos 1, 2, 3 y 4 se proyectan horizontalmente en la vista de frente hasta que corten las líneas de proyecciones provenientes de la vista de arriba.



Paso 2: Las líneas de la base aparecen en verdadera magnitud en la vista de arriba. Empleando estas líneas en verdadera magnitud y las líneas rotadas de la vista de frente, trace los triángulos del desarrollo. Todos los triángulos tienen el punto *O* y un lado común. Esto da un desarrollo de la superficie, excluyendo la sección truncada.



Paso 3: La verdadera magnitud de las líneas trazadas del punto *O* a los puntos 1', 2', 3' y 4' se encuentra rotando las líneas. Estas distancias se llevan a partir del punto *O* del desarrollo y sobre sus respectivas líneas de doblez, para localizar puntos sobre el límite superior del desarrollo. Para completarlo se unen estos puntos secuencialmente.

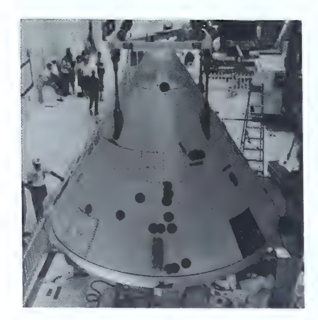


Fig. 12-22. El módulo de comando *Apollo* es un ejemplo de desarrollos cónicos. (Cortesia de NASA.)

En el paso 1 se determina la longitud de las líneas de doblez, rotándolas sobre el plano frontal y proyectándolas a la vista de frente. Estas líneas son de diferentes longitudes, puesto que la pirámide no es recta. Los planos triangulares de cada cara de la pirámide se encuentran por triangulación en verdadera magnitud en el desarrollo; para la triangulación se usaron las longitudes rotadas y la verdadera magnitud de las líneas de la base tomadas de la vista de arriba. Los triángulos se trazan uno junto al otro, con el punto *O* común para todos (paso 2). Para encontrar el límite superior de la superficie desarrollada (paso 3) se encuentra la verdadera magnitud de las distancias del punto *O* a los puntos 1', 2', 3' y 4' por rotación y se llevan sus longitudes al desarrollo, sobre las respectivas líneas de doblez. Los límites del desarrollo se unen con rectas y las líneas de doblez se indican con trazos suaves.

12-7 DESARROLLO DE CONOS

El módulo de comando *Apollo* de la fig. 12-22 es un ejemplo de desarrollos cónicos. Otros ejemplos de conos y formas irregulares se pueden observar en el avión *Charger* y sus proyectiles, que aparecen en la fig. 12-23. Los principios de los desarrollos se utilizaron para fabricar estas formas irregulares a partir de materiales planos.

Los conos se desarrollan con un procedimiento análogo al empleado para desarrollar pirámides. Se construye una serie de triángulos sobre la superficie del cono, formados por elementos del cono y cuerdas entre puntos de la base del mismo. La fig. 12-24 muestra las divisiones triangulares de la superficie del cono en las vistas de arriba y frente. El elemento O-10 aparece en verdadera magnitud en la vista de frente, puesto que en la vista de arriba es una recta frontal. Todos los elementos de un cono recto son iguales; por tanto, la longitud de la línea O-10 se puede utilizar para trazar el arco sobre el cual debe estar el desarrollo de la base del cono. El desarrollo interior del cono se traza empezando con el punto 1 y desplazándose hacia la derecha. El punto localizado a la derecha del punto 1 es el punto 2, lo cual se averigua inspeccionando la vista de arriba y la perspectiva del cono. Este punto se localiza en la vista de arriba y en el desarrollo, midiendo la verdadera magnitud de la cuerda 1-2. De igual manera, se localizan otros triángulos hasta que se llega nuevamente al punto 1 en el extremo derecho del desarrollo. La base del mismo se traza



Fig. 12-23. El fuselaje de este avión y la forma irregular de los proyectiles se fabricaron aplicando los principios de los desarrollos. (Cortesia de General Dynamics Corporation.)

Fig. 12-24. Desarrollo interior de un cono recto.

como un arco, y no como la serie de cuerdas tomadas para la triangulación.

Una aproximación más exacta de la distancia entre los puntos de la base se obtiene hallando matemáticamente la circunferencia de la base y dividiéndola en longitudes iguales sobre el arco de radio O-1. La aproximación gráfica es suficiente en la mayoría de los casos.

Los desarrollos cónicos se usan como parte fundamental del diseño del túnel de viento de la fig. 12-25. Durante el diseño de esta instalación, también se desarrollaron secciones cilíndricas y esféricas.

Un cono truncado, como el que aparece en la fig. 12-26, se puede desarrollar aplicando los principios ilustrados en la fig. 12-24. Es ventajoso construir primero el desarrollo total

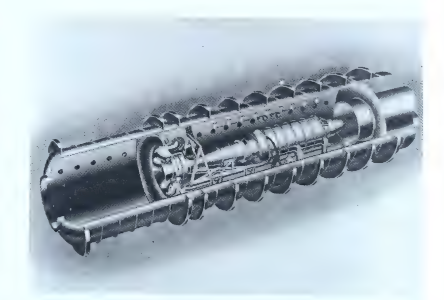


Fig. 12-25. Los desarrollos cónicos constituyeron parte fundamental del diseño de este túnel de viento. (Cortesía de Arnold Engineering Development Center.)

DESARROLLO INTERIOR

Fig. 12-26. Desarrollo de una superficie cónica con una abertura lateral

del cono como si éste no se hubiese modificado. Esta parte del desarrollo es exactamente igual a la que se muestra en la fig. 12-24. A la parte superior del cono se le ha removido una sección cónica. Esta parte del desarrollo se puede remover trazando sobre el desarrollo un arco, que tenga un radio igual a la verdadera magnitud de la recta *O*-7', la cual se encuentra en la vista de frente. La verdadera magnitud de las longitudes del punto *O*, al límite de la superficie hiperbólica formada por la modificación del cono en la vista de frente,

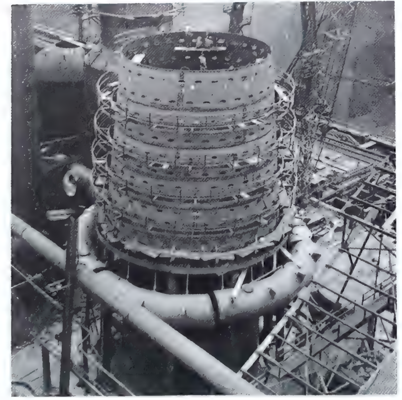


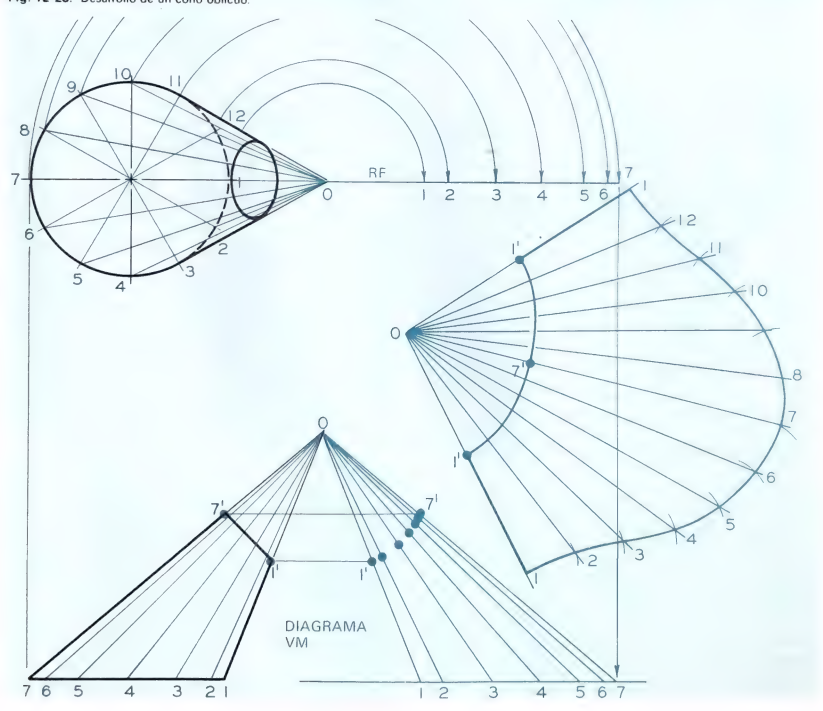
Fig. 12-27. En la construcción de hornos se emplean desarrollos cónicos gigantescos. (Cortesia de Jones and Laughlin Steel Corporation.)

se encuentra por rotación. Al proyectar las líneas O-2′ y O-3′ horizontalmente hasta el elemento O-1 de la vista de frente, éstas aparecerán en verdadera magnitud. Estas distancias se miden sobre las respectivas líneas del desarrollo para localizar puntos por los cuales se puede trazar una curva suave que limite el desarrollo.

En la construcción de un horno son necesarios gigantescos desarrollos cónicos (figura 12-27). En estructuras de este tipo, también se emplean frecuentemente los desarrollos cilíndricos. Los desarrollos deben ser cuidadosamente construidos, de manera que permitan el ensamblaje *in situ* con considerable exactitud.

En la fig. 12-28 se muestra el desarrollo de un cono oblicuo; aun cuando los elementos de este cono son de diferente longitud, el desarrollo resultante será simétrico, puesto que la vista de arriba es simétrica. Los elementos que se muestran en las vistas dadas se han rotado sobre el plano frontal para que aparezcan en verdadera magnitud en la vista de

Fig. 12-28. Desarrollo de un cono oblicuo.



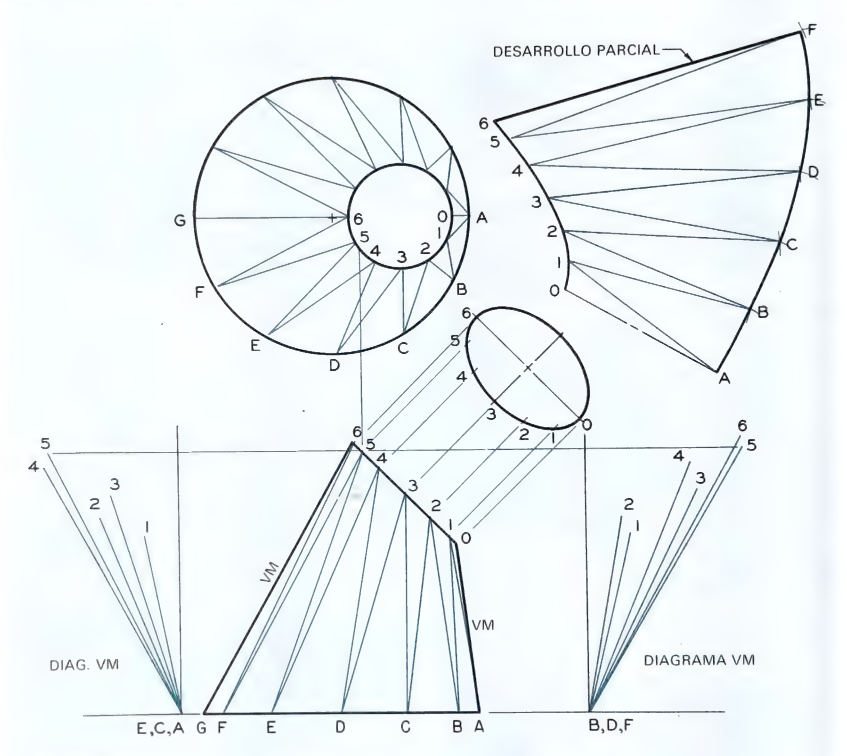


Fig. 12-29. Desarrollo interior parcial de una superficie alabeada.

frente. El desarrollo se empieza construyendo una serie de triángulos formados por elementos y longitudes de cuerdas medidas sobre la base. Se ha escogido como línea de cierre del cono la línea *O*-1, puesto que es la más corta de la superficie del mismo. Los puntos de la base se unen con una curva suave. La verdadera magnitud de las distancias del vértice *O* a la superficie superior del cono aproximado se encuentra proyectando de la vista de frente al diagrama de verdaderas magnitudes. Los puntos 1′ y 7′ se proyectan de la vista de frente sobre sus respectivas líneas de verdadera magnitud del diagrama de verdaderas magnitudes encontrado por rotación. Las líneas *O*-1′ y *O*-7′ se muestran en el desarrollo, en el cual se emplearon para localizar puntos sobre el límite superior del mismo. Estos puntos se unen con una curva suave, la cual no debe ser un arco, puesto que la forma geométrica

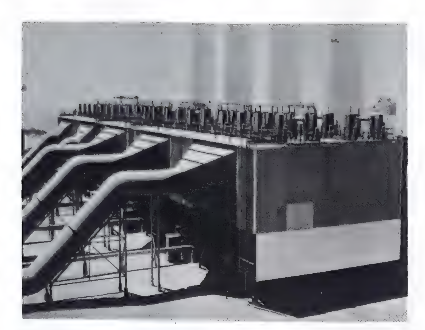


Fig. 12-30. Estas piezas de transición se emplean para unir una sección circular con una rectangular. (Cortesia de Western Precipitation Group, Joy Manufacturing Company.)



Fig. 12-31. Un ejemplo de aplicación de piezas de transición se encuentra en el interior de este circuito supersónico de un túnel de viento. (Cortesia de Arnold Engineering Center.)

no es exactamente un cono recto, ya que la vista de filo del plano que pasa por los puntos 1′ y 7′ de la vista de frente no es perpendicular al eje del cono.

12-8 DESARROLLO DE SUPERFICIES ALABEADAS

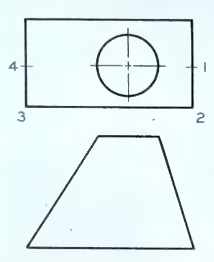
La forma geométrica de la fig. 12-29 es un cono aproximado con superficies alabeadas y es semejante al cono oblicuo de la figura 12-28. El desarrollo de esta superficie será solo una aproximación, puesto que una superficie realmente alabeada no se puede extender sobre una superficie plana. La superficie se divide, en las vistas de frente y arriba, en una serie de triángulos, por medio de divisiones tomadas sobre las superficies superior e inferior, como se muestra. La verdadera magnitud de todas las líneas se encuentra en los diagramas de verdaderas magnitudes, que se han dibujado a uno y otro lado de la vista de frente, proyectando horizontalmente, a partir de esta vista, las distancias verticales entre las líneas. Para completar las vistas de las líneas en verdadera magnitud, se mide la distancia horizontal entre los extremos de éstas como aparece en la vista de arriba. Una línea en verdadera magnitud encontrada de esta manera equivale a una línea que se ha rotado, tal como las que se muestran en la fig. 12-28.

La longitud de las cuerdas entre los puntos de la base aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba, puesto que la base es horizontal. La longitud de las cuerdas entre los puntos del filo superior de la superficie lateral aparecerá en verdadera magnitud en una vista que muestre el tamaño verdadero de ésta. El desarrollo de la superficie se encuentra mediante la verdadera magnitud de las líneas y por triángulación, empleando: (1) el diagrama de verdaderas magnitudes, (2) la base horizontal de la vista de arriba y (3) la vista auxiliar simple. Cada punto debe marcarse cuidadosamente para facilitar la construcción en todas las vistas.

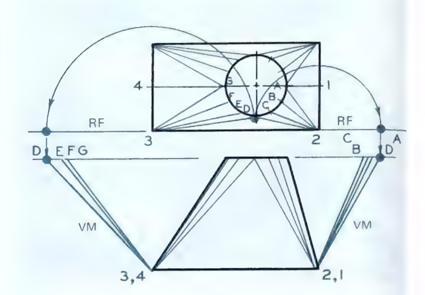
12-9 DESARROLLO DE PIEZAS DE TRANSICION

Una pieza de transición es un elemento que transforma la sección de un extremo en otra diferente al otro extremo. Este cambio se hace gradual y uniformemente. En la fig. 12-30 se une un ducto de sección rectangular con un cilindro por medio de una pieza de transición. Otro ejemplo de piezas de transición es el circuito supersónico del túnel de viento de la fig. 12-31. Obsérvese que en este punto se cambia la sección del túnel de rectangular a circular por medio de una pieza de transición. Otros ejemplos de estas formas se pueden ver en estructuras de concreto.

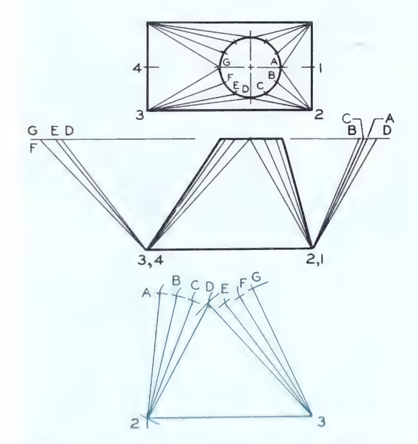
FIG. 12-32. DESARROLLO DE UNA PIEZA DE TRANSICION



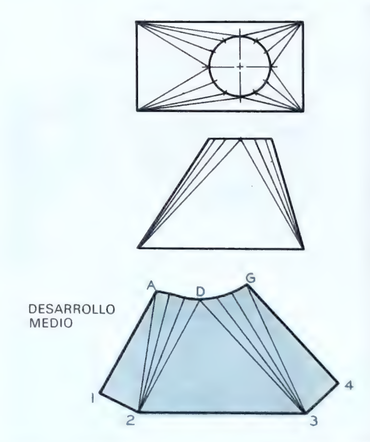
Dadas: Las vistas de frente y de arriba de una pieza de transición.
Se pide: Encontrar el desarrollo interior de la superficie desde el punto 1 hasta el punto 4.
Referencia: Sección 12-9.



Paso 1: Dividida la circunferencia de la vista de arriba en un número de partes iguales. Una estos puntos por medio de líneas de doblez con los puntos 2 y 3. Encuentre la verdadera magnitud de estas rectas, rotándolas sobre un plano frontal y proyectándolas a la vista de frente. Estas líneas representan elementos de la superficie de un cono oblicuo.



Paso 2: Empleando las líneas en verdadera magnitud, encontradas en el diagrama de verdaderas magnitudes, y las líneas del círculo de la vista de arriba, trace una serie de triángulos que tendrán lados comunes y que formarán parte del desarrollo. *Ejemplo:* A partir del punto 2 se trazan los arcos *2D* y *2C*. El punto *C* se encuentra trazando un arco *DC* desde el punto *D*. *DC* es la verdadera magnitud de la vista de arriba.



Paso 3: Trace los planos restantes, *A*-1-2 y *G*-3-4, por triangulación para completar el desarrollo interior medio de la pieza de transición. Trace líneas suaves que representan las líneas de doblez, por las cuales el desarrollo se doblará suavemente. Por economía, se ha tomado como línea de partida la línea *A*-1, la más corta.

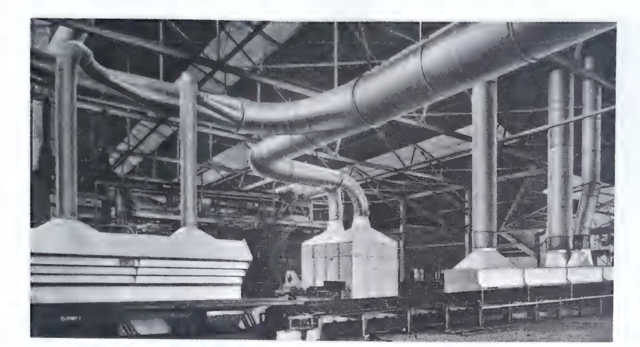


Fig. 12-33. En esta instalación industrial se pueden ver piezas de transición y otros ejemplos de intersecciones y desarrollos. (Cortesia de Herck and Blum Manufacturing Company.)



Fig. 12-34. Esta forma esférica de aluminio que está siendo ensamblada servirá como unidad de almacenamiento y acondicionamiento para maiz. (Cortesia de ALCOA.)

El problema de la fig. 12-32 se resuelve por pasos. La vista circular de la pieza de transición se divide en partes iguales, a partir de las cuales se trazan líneas a las esquinas de la base. La verdadera magnitud de estas líneas se encuentra por rotación (paso 1). La longitud de las cuerdas entre los puntos de la sección circular aparece en verdadera magnitud en la vista de arriba, al igual que las líneas de la base rectangular, puesto que ambos planos son horizontales. La línea de partida para el desarrollo es la línea 1-*A*, la más corta.

En el paso 2 se hace una parte del desarrollo por triangulación, utilizando la verdadera magnitud de las líneas. En el paso 3 se encuentran los planos faltantes de la superficie para completar la mitad del desarrollo simétrico. Los puntos superiores se unen con una curva suave y los de la base con líneas rectas. Se deben dar las líneas de doblez para indicar la superficie curva de las esquinas.

En la fig. 12-33 se pueden observar varias piezas de transición y otros ejemplos de intersecciones y desarrollos. Todos estos elementos se desarrollaron y construyeron mediante los principios de intersecciones y desarrollos.

12-10 DESARROLLO DE ESFERAS

Entre las aplicaciones de los desarrollos esféricos, una de las más importantes es la proyección y preparación de mapas, los cuales se usan para describir la superficie de la tierra. No se ha encontrado un solo desarrollo ideal que permita proyectar sin distorsión la superficie de la tierra sobre una superficie bidimensional. Por tanto, el globo sigue siendo la superficie más satisfactoria para representar las áreas de la tierra. Las limitaciones de esta superficie son obvias, puesto que las superficies esféricas son voluminosas y difíciles de manejar cuando se dibujan a grandes escalas para permitir el estudio de áreas pequeñas, como sucede con los mapas. El advenimiento de los viajes espaciales ha aumentado el interés en el planteo de trayectorias esféricas. Los desarrollos esféricos también se utilizan en el estudio de domos y estructuras geodésicas, tales como la que aparece en la fig. 12-34. La esfera



Fig. 12-35. Estos tanques esféricos, construidos mediante desarrollos, son muy eficientes para almacenamiento. (Cortesía de Shell Oil Company.)

también se usa para tanques de almacenamiento, como se ilustra en la fig. 12-35. Las cápsulas submarinas de buceo se diseñan de forma esférica para aprovechar la capacidad que tiene la esfera de resistir las presiones excesivas a que están sometidas en las profundidades marinas.

La comprensión de las superficies esféricas permitirá al diseñador trazar desarrollos a partir

Fig. 12-36. Desarrollo de una esfera por el método de las zonas.

de los cuales podrá construir una esfera aproximada, empleando materiales planos. A continuación, se presentan dos métodos para obtener el desarrollo de la esfera.

12-11 DESARROLLOS ESFERICOS. METODO DE LAS ZONAS

El método de las zonas es un método convencional para desarrollar una esfera sobre una superficie plana. En la vista de frente de la fig. 12-36 se traza una serie de paralelas, llamadas latitudes en cartografía. Las paralelas se espacian de tal manera que establezcan arcos iguales, *D*, sobre la vista de frente de la superficie de la esfera. Obsérvese que la distancia *D* se encontró matemáticamente y se tomó sobre la esfera. Esto se hace para darle uniformidad al desarrollo, de tal manera que cada una de las zonas desarrolladas sea de igual anchura. Se pasan conos que intersequen la superficie de la esfera de tal manera que se formen conos truncados que tengan por base y por superficie superior un par de paralelas. El cono mayor, que tiene un elemento igual a R_1, se determina trazando la línea R_1 por los puntos en los cuales el ecuador y la siguiente paralela cortan la superficie de la esfera en la vista de frente, y prolongándola hasta que corte la extensión de la línea de eje de la esfera. Los elementos esféricos R_2, R_3 y R_4 se encuentran repitiendo este proceso. El desarrollo se comienza planteando la zona mayor, empleando R_1 como radio de un arco que representa la base de un cono imaginario. La anchura de la zona se encuentra llevando la distancia *D* de la vista de frente al desarrollo y trazando la porción superior del mismo con radio igual a R_1-D, usando el mismo centro. En este momento no es preciso encontrar la longitud de los arcos. La siguiente zona se traza usando el radio R_2 y con centro sobre la línea que pasa por el centro del arco de radio R_1. Este centro se localiza de tal manera que el arco que se va a trazar sea tangente al arco precedente, que se ha trazado con radio R_1-D. El arco superior de esta zona se traza con radio igual a R_2-D. Las zonas faltantes se construyen sucesivamente mediante el mismo procedimiento. El último cono debe aparecer como un círculo de radio R_4.

Las longitudes de los arcos se pueden determinar dividiendo la vista de arriba con planos secantes verticales que pasan por los polos y son radiales. Estas líneas, que están sobre la superficie de la esfera, en cartografía se



Fig. 12-37. En domo gigante del pabellón de los Estados Unidos en Expo 67 es un ejemplo de domo geodésico formado por miembros estructurales rectos.



Fig. 12-38. Instalación en el domo gigante de los paneles individuales de Plexiglas ®. (Cortesía, con la figura anterior, de Rohm and Haas Company.)

Fig. 12-39. Desarrollo de una esfera por el método de los husos.



Fig. 12-40. El Unisferio ® se diseñó determinando las distancias de las cuerdas entre longitudes y latitudes de la superficie de la esfera. Este método es similar al del desarrollo por husos.



Fig. 12-41. Fijación a la estructura del Unisferio ® de las áreas de los continentes. (Cortesía, con la figura anterior, de U. S. Steel Corporation.)

llaman longitudes. Las longitudes de los arcos S_1, S_2, S_3 y S_4 se encuentran en la vista de arriba sobre cada paralela. Estas distancias se miden sobre los arcos construidos para el desarrollo. En este caso hay doce divisiones, pero mayor número de divisiones dará medidas más aproximadas. Una serie de zonas encontradas de esta manera producirá una esfera aproximada cuando se unan.

El domo gigante del pabellón de los Estados Unidos en la Exposición Internacional de Montreal es un ejemplo de un domo geodésico formado por miembros estructurales rectos. Este domo, que aparece en la fig. 12-37, tiene 76 m de diámetro y 57 m de altura. En la fig. 12-38 se muestra la instalación de los paneles individuales de Plexiglás ®; muchos de estos paneles medían 3 m por 3,6 m. Este domo es otro ejemplo de una aplicación única de la esfera. Los domos de este tipo se han considerado como posibles cubiertas de ciudades enteras para el control de sus condiciones ambientales.

12-12 DESARROLLOS ESFERICOS. METODO DE LOS HUSOS

La fig. 12-39 ilustra un método alterno para desarrollar una esfera sobre una superficie plana. Este método utiliza una serie de elementos esféricos llamados husos. Por la vista de arriba se trazan planos secantes verticales igualmente espaciados y que pasen por los polos de la esfera. En la vista de frente se localizan paralelas mediante división de la superficie en zonas iguales de dimensión *D*. En la figura se proyecta una vista frontal de uno de los husos. Proyectando a partir de la vista de arriba, se obtiene una vista del desarrollo de los husos en tamaño verdadero; este desarrollo representa una aproximación de la superficie comprendida entre dos planos secantes verticales. Las dimensiones se pueden comprobar matemáticamente en todos los puntos. Se muestra también un desarrollo parcial de la esfera, en el cual los husos se trazan tangentes entre sí sobre el ecuador.

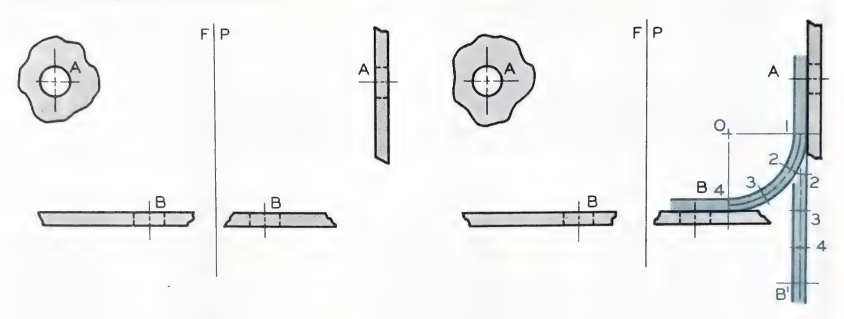
El Unisferio® se diseñó averiguando la longitud de las cuerdas comprendidas entre longitudes y latitudes de la superficie de la esfera, como se muestra en la fig. 12-40. Estas longitudes hicieron posible construir la estructura con miembros rectos. Las áreas correspondientes a los continentes se desarrollaron utilizando un método semejante al de los husos. En la fig. 12-41 se pueden observar segmentos de estas superficies cuando se estaban fijando a la estructura para posterior montaje en el terreno.

12-13 DESARROLLO DE BANDAS DE SOPORTE

Las bandas de soporte se emplean universalmente en elementos de producción en serie, tales como ménsulas, uniones y soportes. El método más económico para fabricación de estas formas es estampado y doblado. Casi todos los diseños contienen gran variedad de superficies oblicuas y estructuras que se deben unir con ménsulas estampadas. Las ménsulas se utilizan para unir dos superficies situadas en diferentes planos y cuyos puntos de unión son oblicuos. La banda se traza en la vista en la cual los planos aparecen de filo (paso 1), empleando el radio de doblado especificado. El arco de doblado se divide en pequeños arcos y se desarrolla en la vista de lado en forma de banda recta. En esta misma vista se encuentra el punto *B'* para localizar la situación del hueco. Como se muestra en el paso 2, el hueco de la vista de frente, marcado como *B*, se proyecta a su posición sobre la banda desarrollada. Esto permite dibujar en verdadera magnitud el desarrollo de la banda y también calcular la cantidad apropiada de metal que se debe dejar a cada lado del hueco para efectos de resistencia. En el paso 3 se construye por proyección la vista de frente de la banda doblada para mostrar su configuración final. Un diseño de este tipo que disminuya el retal de material producirá considerables economías en producciones en serie.

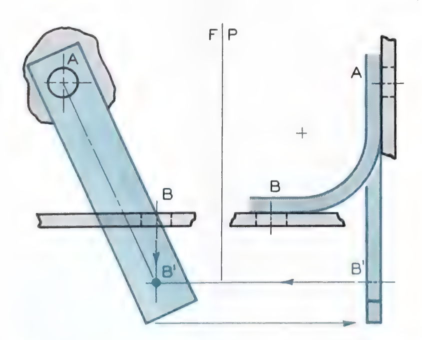
Obsérvese que en este desarrollo se han aplicado tanto los principios de rotación como las técnicas de proyección de vistas principales. Muchos problemas industriales tienden a ser una combinación de varios principios gráficos, y no la aplicación de un solo concepto. En el paso 2 se podrían haber empleado las

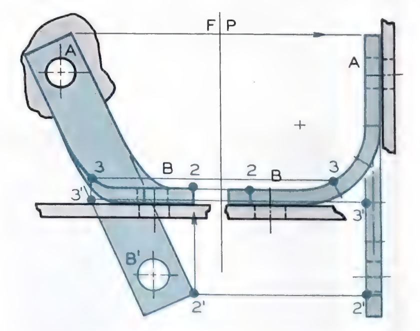
FIG. 12-42. **DESARROLLO DE BANDAS**



Dadas: Las vistas de frente y de arriba de dos planos que se deben unir en los puntos *A* y *B* con una banda metálica.
Se pide: Encontrar el desarrollo verdadero de la banda y mostrarlo en ambas vistas.
Referencia: Sección 12-13.

Paso 1: En la vista de lado trace la vista de filo de la banda, utilizando el radio de curvatura dado. Localice los puntos 1, 2, 3 y 4 sobre el eje neutro de la banda. Rótela sobre el plano vertical y mida las distancias sobre la vista del eje neutro. Compruebe matemáticamente la longitud de los arcos. En esta vista, el hueco está localizado en *B'*





Paso 2: Construya la vista de frente de *B'*, rotando el punto *B* paralelamente al plano de perfil hasta que corte la línea de proyección de *B'* proveniente de la vista de lado. Trace en la vista de frente la línea de centro de la banda en verdadera magnitud, uniendo el punto *A* con *B'*. Complete el contorno de la banda alrededor de la línea neutra y de los huecos de cada extremo, dejando el suficiente material que suministra la resistencia deseada.

Paso 3: Determine la proyección de la banda en la vista de frente proyectando puntos a partir de las vistas dadas. En estas vistas se muestran los puntos 2 y 3 para ilustrar el sistema de proyección utilizado. Los extremos de la banda se dibujan en cada vista de manera que produzcan proyecciones verdaderas.

matemáticas para calcular las medidas de los arcos. El diseñador debe desarrollar la suficiente versatilidad para poder, en cada caso, utilizar las herramientas disponibles para comprobar y resolver problemas.

La fig. 12-43 muestra varios ejemplos de elementos metálicos estampados empleados en la carrocería de un automóvil. Cada uno de estos elementos fue desarrollado durante el proceso de diseño para obtener patrones planos a partir de los cuales fue posible su fabricación.

12-14 RESUMEN

Los ejemplos y aplicaciones estudiados en este capítulo sirven para ilustrar la gran variedad de usos de los principios de los desarrollos. Casi todos los problemas de la ingeniería y la técnica están afectados por gran variedad de formas geométricas que deben ser construidas a partir de materiales planos. Los desarrollos se pueden llevar a cabo mediante la aplicación de los principios básicos de la geometría descriptiva, de los gráficos y las matemáticas.

Los principios de las intersecciones están muy relacionados con los desarrollos ya que en muchos casos se presentan uniones de figuras diferentes. Cualquier problema de desarrollo será más fácil de solucionar si se descompone primero en sus elementos geométricos básicos; este procedimiento facilita la aplicación de los principios vistos en este capítulo. Para evitar confusión entre proyecciones y construcciones al efectuar un desarrollo, debe utilizarse un sistema apropiado de nomenclatura.

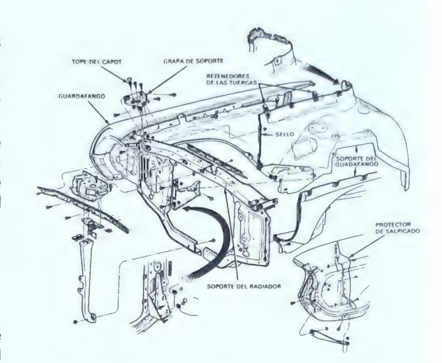


Fig. 12-43. En este dibujo detallado del conjunto de una porción de la carrocería de un automóvil se observan varios ejemplos de desarrollos metálicos estampados. (Cortesía de Ford Motor Company.)

PROBLEMAS

Generalidades

Los problemas de este capítulo deben trazarse con instrumentos de dibujo a partir de los bosquejos dados y en hojas de papel de 21 × 28 cm, como se indica en las figuras que los acompañan. Cada cuadrado representa 5 mm. Todos los planos de referencia y puntos de las figuras deben marcarse, usando guías y letras de 3 mm. Las soluciones deben ser suficientemente notorias y deben adjuntarse notas que expliquen todas las construcciones.

1. (A hasta C) Empleando la fig. 12-44, construya el desarrollo interior de los prismas de las partes A, B y C de la figura. Numere los puntos representativos.

2. (A y B) Empleando la fig. 12-45, construya el desarrollo interior de los prismas de las partes A y B de la figura. Muestre todas las construcciones y numere los puntos.

3. (A hasta C) Construya medio desarrollo interior para cada uno de los cilindros de las partes A, B y C de la fig. 12-46.

4. (A y B) Construya el desarrollo interior de cada uno de los cilindros de las partes

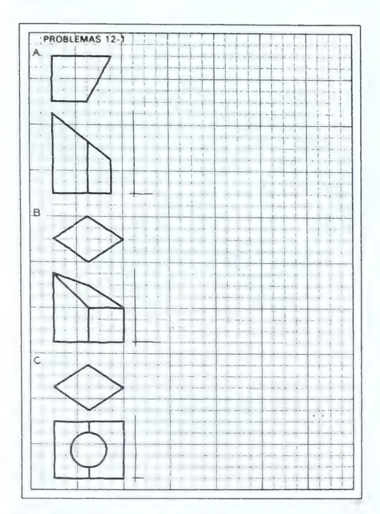


Fig. 12-44. Desarrollo de prismas.

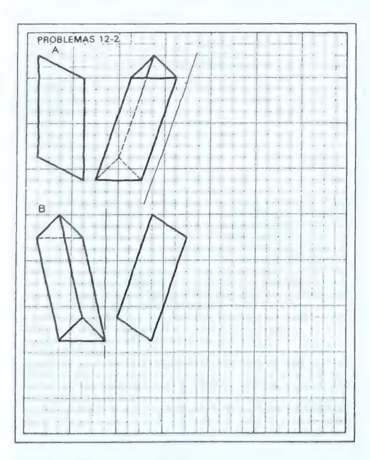


Fig. 12-45. Desarrollo de prismas

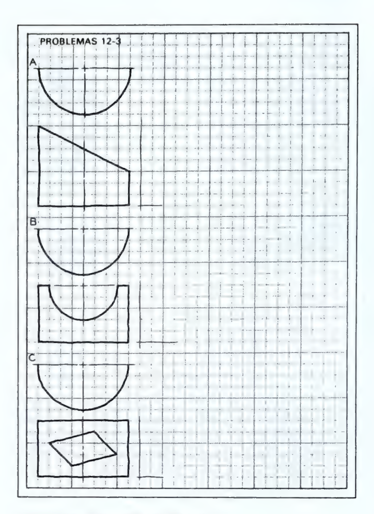


Fig. 12-46. Desarrollo de cilindros.

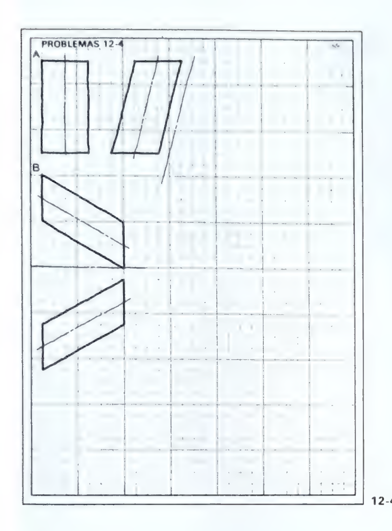
A y B de la fig. 12-47. Muestre todas las construcciones y numere los puntos.

5. (A y B) Construya medio desarrollo interior para cada una de las pirámides de las partes A y B de la fig. 12-48.

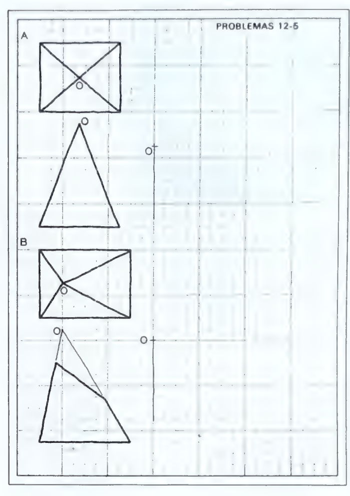
6. (A y B) Para cada uno de los conos de las partes A y B de la fig. 12-49, construya medio desarrollo interior.

7. Construya el desarrollo interior de la superficie alabeada de la fig. 12-50. Muestre sólo medio desarrollo.

8. (A y B) Construya medio desarrollo interior para cada una de las piezas de transición de las partes A y B de la fig. 12-51.



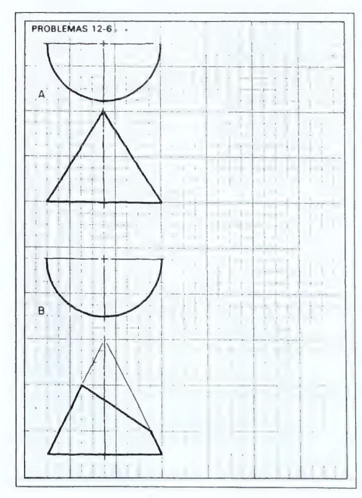
12-47



12-48

9. (A) Construya el desarrollo interior de la esfera de la fig. 12-52, utilizando el método de los husos. (B) En una hoja aparte construya el desarrollo interior de la esfera de la figura 12-52 por el método de las zonas.

10. Complete las vistas de frente y lado de la banda de 30 mm que se muestra en la fig. 12-53 y que aparece doblada para unir los huecos A y B. Dé el desarrollo completo de la banda, incluyendo los extremos cuadrados que se prolongan 15 mm más allá de la línea de centro de los huecos.



12-49

Fig. 12-47. Desarrollo de cilindros.

Fig. 12-48. Desarrollo de pirámides.

Fig. 12-49. Desarrollo de un cono

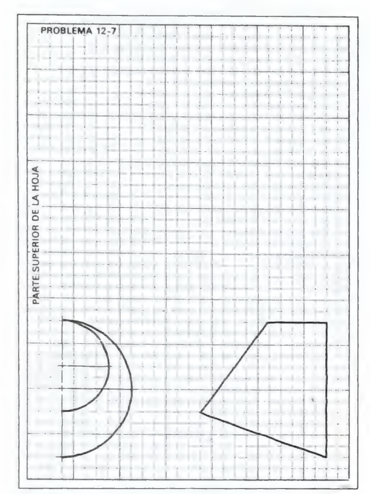


Fig. 12-50. Desarrollo de una superficie alabeada.

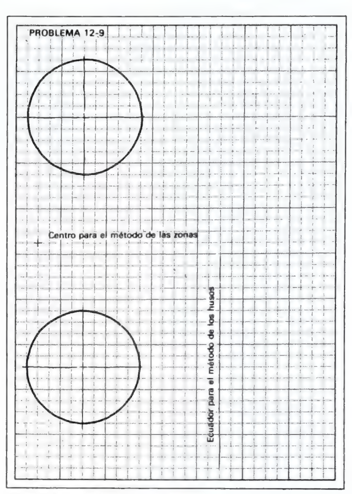


Fig. 12-52. Desarrollo de una esfera.

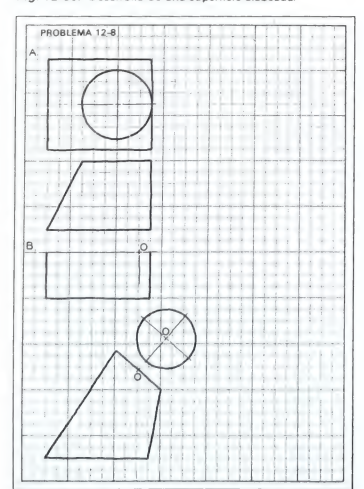


Fig. 12-51. Desarrollo de piezas de transición.

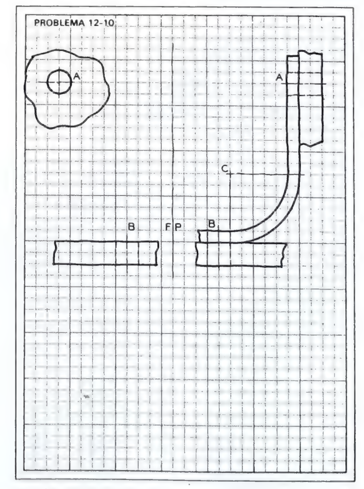
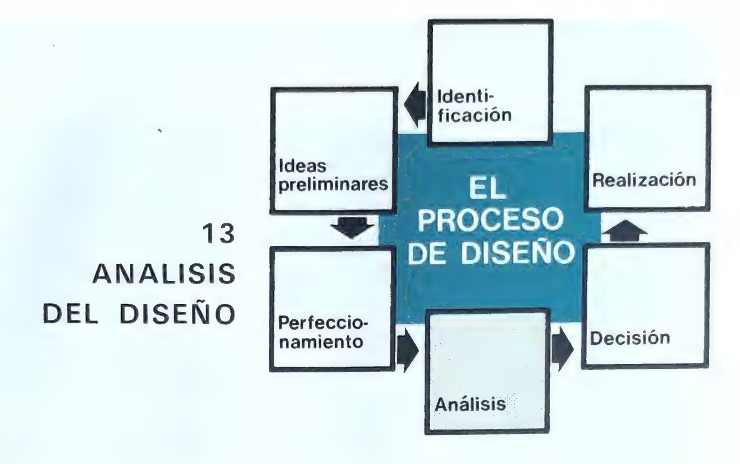


Fig. 12-53. Desarrollo de una banda.

13 ANALISIS DEL DISEÑO



13-1 INTRODUCCION

El análisis es el proceso que más comúnmente se ha asociado con la ingeniería tradicional. Un diseño dado o ciertos elementos de un diseño deben considerarse en algún momento aisladamente para su evaluación y así determinar la posibilidad de lograr sus objetivos en las circunstancias de utilización. Por ejemplo, un puente se diseña para cruzar un río y resistir cierta carga; los miembros estructurales del puente se diseñan para soportarlo según ciertas condiciones. Antes de que pueda aceptarse o seguirse el diseño en su desarrollo, debe analizarse cada componente estructural del puente con el fin de determinar su capacidad para soportar las cargas asignadas.

El análisis es, pues, el proceso de evaluación y estudio de un conjunto de condiciones que determinan la posibilidad de un diseño propuesto. Esta etapa se caracteriza por el pensamiento objetivo y por la aplicación de información proveniente de hechos reales, mientras que, en las etapas anteriores del diseño, la preocupación primordial ha sido la libertad de pensamiento e imaginación, con el deseo de extender un concepto de diseño más allá de los existentes. Aunque el diseñador conoce subconscientemente las limitaciones físicas en las primeras etapas del desarrollo del proyecto, no permite que estas restricciones cohiban sus conceptos de diseño. A medida que perfecciona su bosquejo, va tomando conciencia de las leyes físicas que influirán en su diseño final. Por último, sin embargo, debe analizar exhaustivamente el diseño propuesto, aplicando todas las técnicas a su alcance, desde sentido común hasta principios científicos.

13-2 TIPOS DE ANALISIS

El proceso analítico debe aplicarse a todos los aspectos de un diseño. Un producto que ha sido diseñado para operar a un nivel altamente eficiente puede ser inaceptable si es incómodo o inseguro cuando lo usa el operador para quien fue diseñado. De igual forma, muchos proyectos nunca se convierten en realidad por el costo excesivo de su fabricación. Lógicamente, no hay diseño que pueda considerarse perfecto o completamente aceptable en todos sus aspectos. La finalidad del análisis es descubrir si el diseño es el más satisfactorio posible y el que presenta menos deficiencias u objeciones. En su análisis, por consiguiente, el ingeniero debe determinar los requisitos que debe llenar el diseño más aceptable en aquellas áreas de análisis consideradas decisivas.

Las áreas generales del análisis son: (1) ingeniería humana, (2) análisis de productos

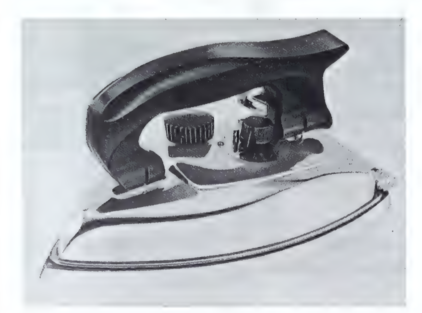


Fig. 13-1. El criterio primordial en un buen diseño, como el de esta plancha, es su función. Aunque tenga otras funciones deseables, un diseño no es satisfactorio si no realiza aquello para lo cual fue diseñado. (Cortesia de General Electric Company.)

y mercados, (3) análisis de prototipos y modelos, (4) cantidades físicas, (5) análisis de resistencia, (6) análisis funcional y (7) análisis económico. Sería imposible asignar un orden determinado para la consideración de estas áreas de análisis, puesto que cada problema de diseño será distinto y tendrá diferentes requisitos. Sin embargo, se debe estudiar cada área individualmente y luego en combinación con las demás, antes de que se pueda obtener un diseño completamente satisfactorio que brinde el resultado óptimo.

Función. Si alguna característica individual del diseño es más importante que las otras, ésta es la función o el desempeño de la tarea para la cual se ha diseñado el producto. La perilla de una puerta que no abre la puerta es de diseño inaceptable, sin importar qué características adicionales pueda tener. De forma análoga, una plancha de vapor que no sirve para planchar ropa de modo satisfactorio no es un buen producto. La fig. 13-1 muestra un ejemplo de una plancha funcional.

Rara vez un diseño da como resultado un producto que no sirve en absoluto. Entonces, al evaluar las capacidades funcionales de un diseño, el interrogante es con qué eficiencia un diseño determinado cumple su función. Un grifo de lavamanos puede regular el flujo de agua, pero ¿trabaja igualmente bien como otro diseño y en todas las circunstancias? Obviamente, el mejor diseño será el que mejor funcione bajo las diversas condiciones existentes durante la operación del grifo.

Ingeniería humana. Todos los diseños deben, al fin y al cabo, servir al hombre de alguna forma. El usará el producto, viajará en él o se beneficiará de su existencia. Debe pensarse, por consiguiente, en las necesidades humanas y en las características físicas, mentales y emocionales del uso del producto. Esta importante área de estudio se considera en la sección 13-5.

Análisis de productos y mercados. Después de que el diseño se ha formulado en términos generales, de ordinario se estudia con bastante detalle el mercado para el cual se diseña el producto. Esto se hace durante las primeras etapas de su desarrollo (capítulos 3 y 4) y antes de su producción. Para determinar la actitud del consumidor hacia el producto propuesto, se realiza una encuesta inicial de mercado. El análisis del producto en esta etapa determina la aceptación por parte del público del diseño específico propuesto. El análisis se extiende hasta determinar los medios de publicidad y requisitos de empaque y para determinar qué cantidades del producto se requerirán. Esta área de análisis se discutirá con más detalle en la sección 13-8.

Análisis de prototipos y modelos. El diseño propuesto generalmente no se produce en cantidad hasta que no se haya construido un modelo o prototipo casi completo para inspección visual y análisis. El diseño funcional se somete a pruebas prolongadas, con el fin de obtener información acerca de su funcionamiento. Tal información servirá para respaldar una decisión final sobre su aceptación o rechazo. El análisis de modelos se verá en la sección 13-9.

Cantidades físicas. Todo diseño debe analizarse a fondo para determinar cantidades físicas importantes que influyen para hacerlo práctico. En los capítulos anteriores se emplearon métodos de geometría descriptiva para

determinar longitudes, áreas, ángulos, formas y otros datos físicos que podrían ser decisivos en un diseño. Pero, además, deben determinarse otras características, tales como peso, volumen y material. Los diseños completos deben ir acompañados de especificaciones que suministren el peso, el peso de embarque, las dimensiones principales y las capacidades y propiedades físicas generales del producto (figura 13-2). Estas propiedades deben evaluarse en cuanto a su aplicación para determinada necesidad. Es importante, por ejemplo, que un elemento diseñado para un avión sea tan liviano como sea posible, siempre y cuando cumpla con las funciones necesarias. La mayoría de los problemas de diseño, de hecho, requieren soluciones que ofrezcan máximas resistencia y utilidad con un mínimo de peso.

Análisis de resistencia. Un proyecto propuesto debe ser lo suficientemente resistente para soportar la carga máxima de diseño que pueda esperarse. La resistencia está íntimamente ligada con la función; si el diseño no es adecuado para soportar las tensiones esperadas, no puede considerarse como un diseño funcional. El análisis de resistencia es, por consiguiente, un área primordial en el análisis de ingeniería. Los métodos gráficos pueden utilizarse como herramientas eficientes para analizar el comportamiento de sistemas estructurales sometidos a tensión.

Análisis económico. Prescindiendo de las características deseables en un diseño, el aspecto económico siempre será factor principal en su aprobación final para producción. Esencialmente, todos los proyectos de ingeniería se emprenden con el incentivo primordial de obtener ganancia. Los diseños excesivamente costosos tienen menos posibilidad de ser rentables, por la competencia existente en un sistema de libre empresa. Por esta razón el diseñador debe considerar la economía y el tipo de fabricación, a medida que completa su diseño. Deberá aproximar el costo total de su diseño, considerando los diversos aspectos, incluyendo materiales, mano de obra y proceso de fabricación. Tal análisis es necesario, bien sea que la aprobación venga de una organización de ingeniería o del cliente que utiliza los servicios de la organización.



Fig. 13-2. Los diseños deben analizarse para determinar sus propiedades físicas, tales como dimensiones, pesos, capacidades, etc. (Cortesía de Air Technical Industries.)

13-3 ANALISIS E INGENIERIA

El análisis tradicional de ingeniería, que requiere la aplicación de principios físicos y científicos, se usa más en la etapa de análisis dentro del proceso de diseño que en cualquier otra etapa. Cuando se están desarrollando conceptos preliminares y perfeccionamientos, el proyectista muestra únicamente un interés secundario en las limitaciones físicas y científicas de su diseño, pues sabe que serán evaluados en etapas posteriores. En las primeras etapas del diseño, el dibujo de ingeniería es la herramienta fundamental utilizada para ayudar al proceso creativo; en el análisis, sin embargo, se requieren muchas otras disciplinas. El ingeniero debe tener un conocimiento general en las áreas de ciencias, física, matemáticas y otras disciplinas de la ingeniería (fig. 13-3).

A veces, el análisis revela que el diseño propuesto es totalmente inadecuado en rela-

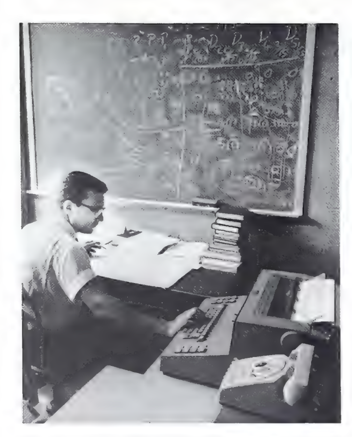


Fig. 13-3. En la etapa de análisis del proceso de diseño, las matemáticas y las ciencias de ingeniería se aplican más que en cualquier otra etapa. El ingeniero debe estar capacitado para utilizar todos los medios analíticos de que disponga. (Cortesia de Massachusetts Institute of Technology e IBM.)

ción con las especificaciones de diseño. En este caso, es necesario repetir el proceso completo de diseño. Sim embargo, generalmente, el diseñador puede anticipar los problemas potenciales antes de esta etapa. Por tanto, el proceso de análisis generalmente se ocupa de determinar cuál diseño funcionará más eficazmente y tendrá el mayor número de características favorables.

Como se dijo antes, el análisis es menos creativo que las etapas anteriores del diseño. Está restringido a los métodos probados y aceptados del análisis de ingeniería, aplicados con un mínimo de libertad en cuanto a juicio subjetivo.

13-4 APLICACION DEL DIBUJO DE INGENIERIA

El dibujo de ingeniería y la geometría descriptiva son de gran utilidad en el análisis de un diseño para determinar tensiones y para evaluar datos experimentales y de laboratorio. A menudo, los sistemas de tensiones pueden resolverse gráficamente en un tiempo mucho menor que si se empleara el método analítico utilizado en ingeniería. Para mejores resultados, los sistemas de tensiones llamados también sistemas vectoriales, deben resolverse tanto gráfica como analíticamente. De esta forma, cada método sirve para probar el otro.

Los datos empíricos obtenidos de experimentos de laboratorio pueden transformarse de datos en bruto a ecuaciones algebraicas por medio de técnicas gráficas (fig. 13-4). Estos datos expresados en forma de ecuación

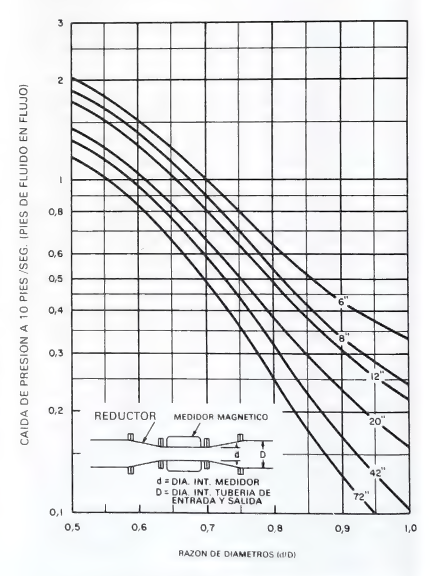


Fig. 13-4. Los datos empíricos obtenidos en experimentos de laboratorio se pueden analizar con mayor eficiencia mediante técnicas gráficas que mediante métodos matemáticos. (Cortesia de Fischer and Porter Company.)

son más fáciles de analizar por medios matemáticos. La evaluación matemática también puede hacerse gráficamente; inclusive existe el cálculo gráfico. El cálculo gráfico es útil cuando los datos no toman la forma de una ecuación, sino que se presentan en una curva irregular. La solución puede obtenerse diferenciando o integrando gráficamente, sin tener que aplicar procedimientos numéricos.

Las distancias entre partes funcionales y sistemas de mecanismos se encuentran más eficientemente por medio de un proceso gráfico (fig. 13-5) que mediante construcción de modelos matemáticos. Aun cuando se apliquen principios matemáticos, es conveniente determinar gráficamente una aproximación de la dimensión en cuestión antes de intentar la solución matemática. Un dibujo cuidadoso de las partes acopladas puede, a menudo, simplificar las soluciones matemáticas empleadas como suplemento de las soluciones gráficas.

Datos de naturaleza menos técnica, tales como encuestas de mercados, poblaciones, tendencias y cambios en elementos físicos, se pueden representar en forma gráfica. Los datos tabulados que se presentan en columnas de números no dan una idea clara de las tendencias reflejadas por ellos. La interpretación de datos tabulados requiere bastante esfuerzo y concentración antes de sacar conclusiones de importancia con respecto al conjunto. En cambio, las técnicas gráficas pueden conducir, a simple vista, a una comprensión inmediata de los datos. Un formato gráfico de este tipo constituye una gran ayuda en el análisis y evaluación de la información pertinente. Todos los informes técnicos bien preparados utilizan ampliamente el método gráfico de presentación de datos para facilitar el análisis.

13-5 INGENIERIA HUMANA

La ingeniería humana es un campo relativamente nuevo que ha venido adquiriendo mayor importancia en los últimos años. Este campo de estudios trata de la adaptación de cualquier diseño a las necesidades del hombre. Woodson[28] da la siguiente definición de ingeniería humana:

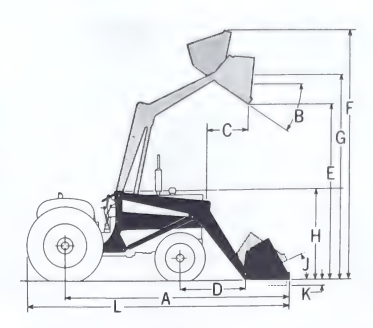


Fig. 13-5. Los espacios y las tolerancias entre partes funcionales y sistemas de mecanismos se pueden analizar eficientemente por métodos gráficos. (Cortesía de International Harvester Company.)

El diseño de oficios humanos, sistemas hombre-máquina y elementos específicos de equipos operados por personas para efectuar un trabajo de la manera más efectiva, incluyendo exhibiciones para presentar información a los sentidos humanos, controles para operación por personas y sistemas complejos hombre-máquina. En el diseño de equipo, la ingeniería humana hace hincapié principalmente en la eficiencia, medida por la velocidad y exactitud del desempeño humano en el empleo y la operación del equipo. Unidas a la eficiencia están la seguridad y comodidad del operador.

Esencialmente, todos los diseños tienen que ver, hasta cierto punto, con el hombre y su relación física con ellos; por consiguiente, estos factores deben considerarse al perfeccionar la relación más eficiente posible. Las mesas ordinarias de dibujo utilizadas por los ingenieros y técnicos probablemente podrían mejorarse si se prestara mayor atención a las dimensiones, comodidad, visión y movimientos humanos. El mango de una palanca debe diseñarse para que se acomode a una mano de tamaño promedio, para máxima eficiencia y comodidad. La localización y el movimiento requeridos de una palanca también exigen la aplicación de los principios de ingeniería humana.

La ingeniería humana siempre ha sido un factor prominente en el proceso de diseño.

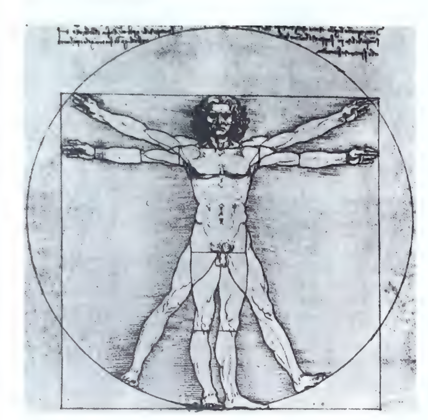


Fig. 13-6. En 1473, aproximadamente. Leonardo de Vinci analizó las dimensiones y proporciones del cuerpo humano

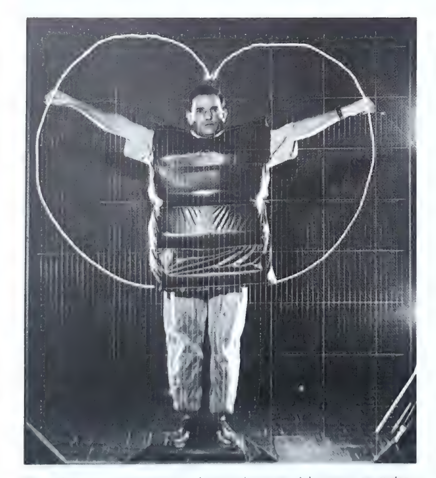


Fig. 13-7. Las dimensiones y los movimientos del cuerpo se miden para analizar las restricciones impuestas por una prenda de protección contra la radiación sobre la movilidad de un astronauta en viajes espaciales. (Cortesía de General Dynamics Corporation.)

En 1473, aproximadamente, Leonardo de Vinci analizó las dimensiones y proporciones del cuerpo humano (fig. 13-6). Estas dimensiones podrían emplearse en el diseño de aparatos para los cuales el ser humano es el factor que condiciona y que influye en la eficiencia operacional del diseño completo. Un estudio muy análogo al de Leonardo puede verse en la fig. 13-7, en donde se miden ciertos factores humanos con el fin de determinar la restricción de movilidad impuesta por una prenda para protección contra la radiación, que será utilizada por astronautas en viajes espaciales.

Los factores humanos constituyen una preocupación principal en el programa espacial, puesto que un ambiente completamente nuevo debe relacionarse con los movimientos y actividades de los astronautas. Debe hacerse una investigación completa de las relaciones entre el astronauta y su vehículo espacial, ya que el ahorro de peso y espacio son decisivos para asegurar viajes espaciales exitosos. El astronauta debe tener a su alcance los instrumentos de medición y controles esenciales de operación manual, y poder operarlos con el máximo de eficiencia bajo las condiciones que se prevén. Debe proveerse el espacio que le permita moverse dentro del vehículo para efectuar los ajustes necesarios en los controles y para mantener la circulación de la sangre, que sería limitada si estuviera restringido a una sola posición. La fig. 13-8 muestra el análisis gráfico de algunos factores en ingeniería humana. Este es un dibujo preliminar preparado por la National Aeronautics and Space Administration (NASA) para evaluar las relaciones de espacio dentro de la cápsula.

La fig. 13-9 muestra el diseño del tablero de instrumentos de un simulador utilizado para entrenar astronautas. El simulador se usa para adiestrar astronautas en la operación de una nave espacial y, al mismo tiempo, determinar deficiencias en el diseño del tablero. La figura 3-10 muestra el diseño típico del tablero de instrumentos de control de la *Gemini-15*. Es obvio que la localización de los diversos instrumentos de medición y controles fue planeada para adaptarse a factores humanos y asegurar que la operación sea eficiente al máximo bajo

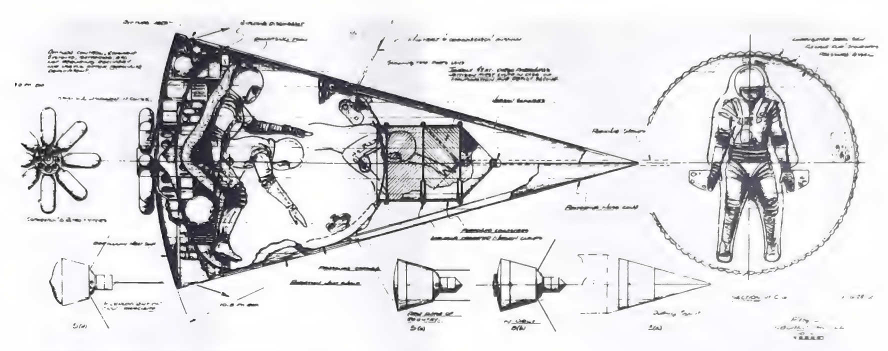


Fig. 13-8. Análisis de una cápsula espacial (Cortesia de la NASA.)

Fig. 13-9. El tablero de instrumentos de este simulador espacial ha sido diseñado para proporcionar a los astronautas una disposición funcional de la información de vuelo. (Cortesia de General Dynamics Corporation.)

Fig. 13-10. El tablero de instrumentos y los controles de la nave *Gemini* se diseñaron para dar al astronauta acceso inmediato a ellos e información bajo las condiciones más severas. (Cortesia de la NASA.)



Fig. 13-11. Un astronauta utiliza el tablero de instrumentos de un simulador de naves tripuladas para practicar en la conducción de su nave durante un acoplamiento con otra en vuelo. La eficiencia de esta maniobra dependerá en gran parte de la adaptación de los controles a los reflejos humanos normales

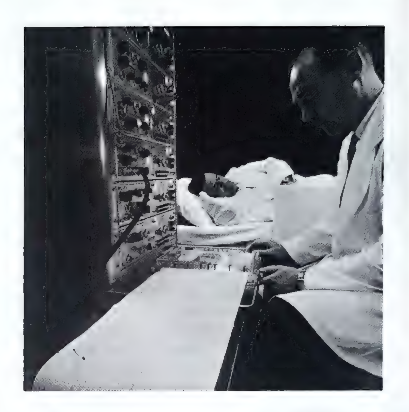


Fig. 13-12. Un cirujano de vuelo estudia el pulso y la respiración de un individuo, registrados en un nuevo aparato de mediciones biológicas a control remoto, el cual permite la compilación de datos fisiológicos sin necesidad de sensores de contacto. (Cortesía, con la figura anterior, de General Dynamics Corporation.)

las condiciones esperadas. La localización de los controles está determinada por el alcance y el movimiento del astronauta y por la secuencia de operaciones que serán realizadas. Deben tenerse en cuenta también la visión y la recepción de sonido. Cada palanca se diseña de modo que exija el movimiento más natural posible para su operación y que requiera el mínimo de concentración, a fin de que pueda haber operación instantánea en condiciones de emergencia.

El simulador de naves tripuladas que aparece en la fig. 13-11 permite que el astronauta practique la conducción de su nave para un acoplamiento con otra nave espacial durante el vuelo. Durante el diseño del tablero de control e información, debe prestarse cuidadosa atención a las reacciones humanas y a los movimientos físicos necesarios para maniobrar correctamente la nave cuando viaje en el espacio a grandes velocidades. Se efectúan exámenes fisiológicos y físicos (fig. 13-12) para conocer mejor las reacciones humanas bajo ciertas condiciones. Este dispositivo se utiliza para observar la palpitación y respiración del astronauta, entre otras cosas, sin necesidad de someterlo a la incomodidad causada por la aplicación de electrodos en contacto con su cuerpo.

Las condiciones ambientales que serán experimentadas en un viaje espacial deben considerarse en lo que concierne a toda acción que deba realizar el astronauta. Un estado de ingravidez modificará la ejecución de las operaciones más elementales. La simple rotación de una herramienta podría causar en el astronauta un giro en el espacio como reacción a la fuerza que él aplica. La alimentación requiere un proceso completamente diferente del que se tiene en las condiciones atmosféricas existentes sobre la superficie terrestre.

La exploración del mar es casi tan insólita en lo que concierne a funciones humanas normales como lo es viajar en el espacio, y el diseño de naves para exploración submarina conlleva problemas de ingeniería humana muy

parecidos a los de la exploración espacial. El submarino monoplaza que aparece en la fig. 13-13 debe estar provisto de atmósfera propia y sistemas operacionales completos, en medio de los cuales un hombre pueda desempeñar sus funciones a grandes profundidades bajo la superficie del mar. Debe tener un espacio amplio para su comodidad y los movimientos necesarios en sus actividades. La visibilidad adecuada dentro y fuera del submarino es otro problema de ingeniería humana que debe afrontarse para que se pueda maniobrar con eficiencia. El ocupante del submarino sirve de base para el desarrollo del vehículo completo y todos los sistemas del submarino se estudian en función de sus limitaciones físicas y psicológicas.

Se han diseñado muebles de uso diario, herramientas de mano, equipo de oficina y aun libros de texto con los factores humanos como guía primordial. Algunas sillas son cómodas para personas de cierto tamaño, mientras que otros diseños son razonablemente cómodos para la mayoría de las personas, sean de la talla que sean. Esto no ocurre accidentalmente. Se necesita bastante investigación para lograr el diseño óptimo, que proporcionará mayor comodidad al mayor número de las personas que habrán de utilizar el producto terminado. La fig. 13-14 es un prototipo del *Explorer* IV, que fue diseñado por Rohn and Haas Company como preludio de los nuevos conceptos de diseño automotriz con la utilización de Plexiglás ® y otros acrílicos. El exterior y el interior del automóvil están condicionados al equipo mecánico necesario para su operación y al espacio requerido por el conductor y los pasajeros para quienes se diseña. Las dimensiones de los asientos interiores (fig. 13-15)

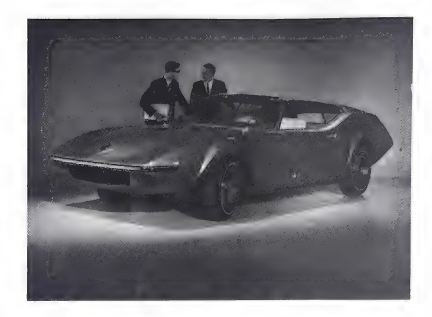


Fig. 13-14. La configuración del *Explorer IV* está basada en gran parte en dimensiones y funciones humanas. (Cortesia, con la anterior, de General Dynamics Corporation.)



Fig. 13-13. El *Star 1*, submarino monotripulado de exploración, practica su acoplamiento con una escotilla simulada en el fondo del océano. La atmósfera y el arreglo espacial dentro del submarino están basados en los requerimientos humanos.



Fig. 13-15. El asiento y el espacio para las piernas en un automóvil deben conformarse a las dimensiones del cuerpo con el fin de prevenir la fatiga prematura durante el viaje. (Cortesia de Rohm and Haas Company.)

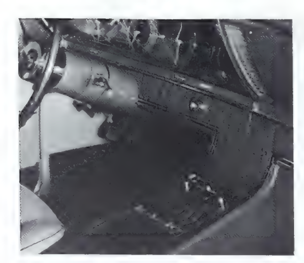


Fig. 13-16. Los controles están situados dentro del radio de acción del cuerpo humano para facilitar su operación



Fig. 13-17. El tablero de instrumentos debe diseñarse para que comunique instantáneamente la información necesaria mediante su disposición, iluminación y colorido. (Cortesía, con la figura anterior, de Rohm and Hass Company.)



Fig. 13-18. Un producto que va a ser operado o sostenido con las manos debe diseñarse de modo que se acomode a éstas, tenga estabilidad y se pueda gobernar con la yema de los dedos. (Cortesía de General Electric Company.)

están calculadas de modo que ofrecen máxima comodidad a los ocupantes para retardar la fatiga durante viajes prolongados. Se proporciona espacio para los pies de forma tal que satisface las necesidades de una persona promedio. El tablero de control está localizado convenientemente para proporcionar fácil manejo de los dispositivos que gobiernan el auto y regulan el ambiente interior, incluyendo sonido y temperatura (fig. 13-16). El tablero de instrumentos ha sido diseñado para dar a los ocupantes máxima visibilidad de los indicadores, durante el día o la noche. Cada uno de los indicadores se ha diseñado para que ofrezca la información necesaria con la mayor facilidad posible y exija el mínimo de estudio. La configuración del compartimiento de pasajeros, espacio sobre las cabezas y todos los accesorios se diseñaron para acomodarse a las necesidades y requerimientos humanos.

Los principios de ingeniería humana reciben consideración primordial en el diseño de artículos electrodomésticos y productos operados a mano. La batidora que aparece en la fig. 13-18 es un producto de esta clase. Los componentes operacionales están contenidos dentro de una cubierta atractiva para atraer el sentido estético del consumidor. El mecanismo está diseñado de modo que se equilibre en la mano con un esfuerzo mínimo cuando está en posición de funcionamiento. La manija se ha diseñado para que se adapte a la mayoría de las manos con un máximo de comodidad. Los controles están localizados en la manija de tal manera que solamente requieren un movimiento con la punta de los dedos. El diseño completo se ha adaptado al usuario en un esfuerzo para satisfacer sus necesidades, su deseo de comodidad y su gusto por la apariencia y estilo estéticos.

13-6 DIMENSIONES DEL CUERPO Y FACTORES HUMANOS

Los párrafos anteriores han procurado identificar áreas generales y amplias de la ingeniería humana en términos sencillos. Este campo de estudio está experimentando un influjo constante de información nueva obtenida mediante

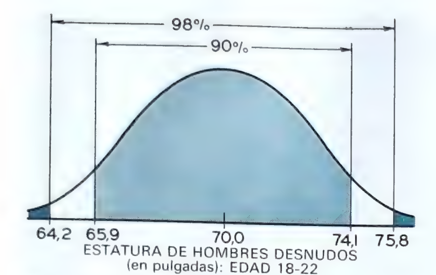
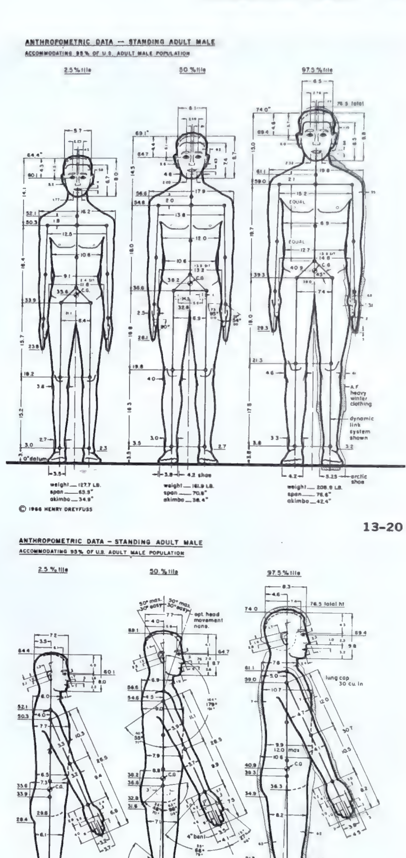


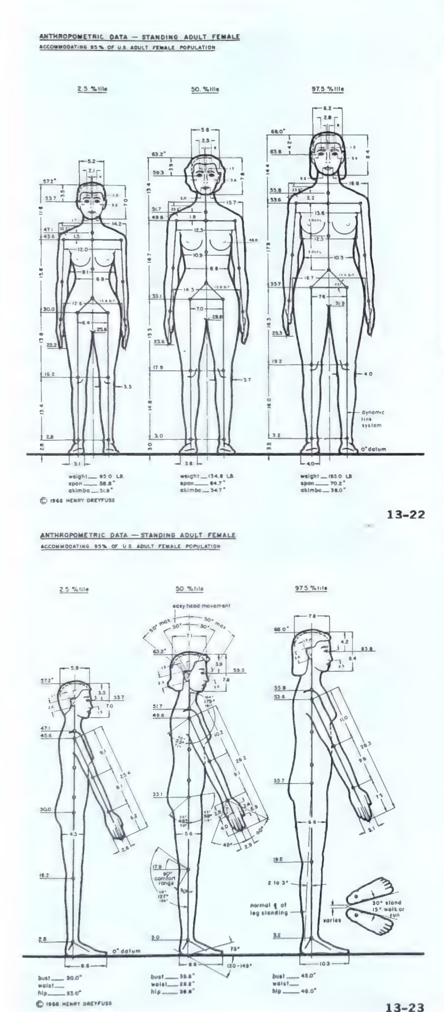
Fig. 13-19. Distribución de las estaturas promedio de hombres de 18 a 22 años de edad. (Basada en datos obtenidos por B. D. Corpinos, *Human Biology*, 130, 292.) Cincuenta por ciento de los individuos en este intervalo de edades mide más de 70", mientras que el 50 por ciento son más bajos.



investigaciones básicas y experimentos de laboratorio. El material que abarca este volumen es un breve repaso del área total de estudio en ingeniería humana y, por tanto, no debe tomarse como una exposición completa en este campo. También se debe indicar que la ingeniería humana no es del dominio exclusivo de la ingeniería ni de área alguna de estudio en particular. Generalmente, ha estado íntimamente asociada con las áreas de diseño industrial, psicología e ingeniería industrial. Sin embargo, los proyectistas en todas las ramas de la ingeniería y tecnología deben utilizar con frecuencia los principios de ingeniería humana cuando están desarrollando diseños que tienen relación con el ser humano.

Cuando se está desarrollando un diseño para uso general, deben tenerse en cuenta las dimensiones y radios de manipulación de la persona que usará el producto determinado. En vez de pensar en los requerimientos de una sola persona, el diseñador debe pensar en función de la estatura promedio de las

Figs. 13-20 a 13-23. Dimensiones de hombres y mujeres adultos de frente y de perfil. Estas dimensiones describen el 95 por ciento de la población adulta de los Estados Unidos. (Cortesía de Henry Dreyfuss y la Whitney Library of Design: de *The Measure of Man*, Nueva York, 1967.)



13-22

13-23



Fig. 13-24. Dimensiones de la mano de un adulto promedio. Estas dimensiones regulan el tamaño de palancas y controles operados manualmente. (Basadas en datos de *Human Engineering Guide to Equipment Design* por Morgan, Cook, Chapanis y Lund. Nueva York, McGraw-Hill, 1963.)

personas que utilizarán el diseño. Se ha llegado a un conjunto de dimensiones que describen al hombre y a la mujer promedio por medio de información recopilada y registrada por agencias gubernamentales y militares. Las variaciones en la mayoría de las características naturales tienden a acomodarse a la curva de distribución normal que aparece en la figura 13-19. En este ejemplo se ha graficado la estatura contra su frecuencia en un muestreo típico de hombres norteamericanos. Nótese que el promedio es de 5′ 10″.

De acuerdo con las leyes de probabilidad e inferencia estadística, el 90 por ciento de los soldados tendrán una estatura entre 5′ 6″ y 6′ 2″. Esta y otras dimensiones se utilizan como patrones para el diseño del equipo, con miras a proporcionar eficiencia óptima.

Las figs. 13-20 y 13-21 muestran las dimensiones típicas que se pueden asignar al hombre norteamericano promedio. Estas dimensiones fueron obtenidas por Henry Dreyfuss[8] para su uso en diseños industriales que necesitan gran adaptación a factores humanos. Las figuras 13-22 y 13-23 dan las dimensiones de una mujer promedio. Esta tabulación de las dimensiones promedio del cuerpo humano se


13-25


13-26

Fig. 13-25. El asiento de auto tipo A tiene una barra de seguridad que rodea el cuerpo del niño

Fig. 13-26. La barra de seguridad del asiento tipo A puede levantarse sobre la cabeza del niño para facilitar su salida

Fig. 13-27. El asiento tipo B se diseñó principalmente para utilizarlo en el asiento trasero. La barra de seguridad es más corta que la del tipo A

Fig. 13-28. El método de acoplamiento y el tamaño de la barra de seguridad en el diseño B no permiten que pueda levantarse sobre la cabeza del niño como en el caso A

Fig. 13-29. Es necesario que el niño sea levantado del asiento tipo B o que se deslice como se muestra


13-27


13-28


13-29

ha ampliado para incluir manos, pies, piernas, brazos y otras partes del cuerpo, puesto que en muchos diseños intervienen movimientos múltiples, tales como movimientos coordinados de pies y manos. Las dimensiones de la mano, como las que aparecen en la fig. 13-24, son útiles como patrones en el diseño de equipo que requiere operación manual, bien sea que se mueva o se empuñe.

La serie de fotos a partir de la fig. 13-25 presenta ejemplos de las consideraciones que realiza la ingeniería humana en el diseño de elementos producidos en serie. El asiento del auto tipo A, diseñado para un niño, tiene una barra de seguridad colocada alrededor del cuerpo del infante para su sujeción y seguridad. Esta barra se puede levantar sobre la cabeza del niño, que permite desmontarlo fácilmente de la silla (fig. 13-26). El asiento de autos tipo B (fig. 13-27) también tiene una barra de seguridad que rodea el cuerpo del niño, casi en la misma forma que la silla



Fig. 13-30. Un caminador lunar es sometido a prueba en los depósitos de lava de McKenzie Pass para determinar cómo funciona



Fig. 13-31. El astronauta Walter Cunningham prueba la facilidad de manejo en un traje de presión regulada mientras usa un «bastón de Jacob». (Cortesia, con la figura anterior, de la NASA.)

tipo A. Sin embargo, esta barra no se puede levantar sobre la cabeza del niño (fig. 13-28); por consiguiente, al niño le resulta difícil desmontarse sin ayuda de nadie (fig. 13-29). Este tipo de silla podría ser ventajoso en el caso de que un niño viaje en el asiento de atrás sin vigilancia. La diferencia funcional entre estos dos diseños estriba en la localización del pivote de la barra de seguridad y en la configuración de la misma. En el diseño A, la barra se ha doblado a propósito para proporcionar el espacio adecuado cuando se levanta, mientras que, en el diseño B, la forma de la barra proporciona un ajuste más ceñido. Los factores humanos constituyeron una consideración primordial en el diseño de estas sillas para que cada una cumpliera con la función deseada.

13-7 FACTORES QUE AFECTAN LA INGENIERIA HUMANA

En los párrafos anteriores se estudió brevemente la relación existente entre las dimensiones y la comodidad humana y el diseño hombre-máquina. Otros aspectos de consideración son: movimiento del cuerpo, visión, transmisión y recepción de sonido, y ambiente de trabajo.

Movimiento del cuerpo. El movimiento del cuerpo está relacionado con las dimensiones antes mencionadas y con los radios efectivos de operación de las diversas partes del cuerpo. Un ejemplo de este factor humano es el radio de acción de un hombre mientras permanece sentado en determinada área de trabajo, realizando una función específica. En el estudio de los movimientos del cuerpo requiere atención la cantidad de fuerza que debe aplicarse para realizar cierto trabajo en relación con la fortaleza del operador.

El movimiento del cuerpo sobre la superficie lunar es crucial, puesto que el astronauta entra en un nuevo medio. La preparación para esta experiencia puede lograrse de la mejor forma mediante pruebas en condiciones simuladas. El astronauta de la fig. 13-30 prueba un caminador lunar en los depósitos de lava de McKenzie Pass, Oregón, bajo la vigilancia de miembros del equipo de asistencia a la tripula-

ción. En la fig. 13-31 el astronauta William Cunningham prueba la utilidad funcional de un traje de presión regulada para saber hasta dónde se adapta a las actividades normales del cuerpo mientras utiliza un «bastón de Jacob». Solamente por medio de pruebas simuladas de este tipo podrán los diseñadores e investigadores llegar a conclusiones definitivas acerca de la utilidad de un traje espacial o de un aparato para caminar.

Visión. Prácticamente, todo diseño que requiere operación manual utiliza indicadores, controles y componentes visuales. El empleo de luces de colores para transmitir información requiere la selección de los colores que sean más fáciles de reconocer por parte de personas promedio. Los tableros de control, tales como el que muestra la fig. 13-17, están diseñados para acomodarse al alcance visual de una persona «normal». La consideración de alcances visuales es de extrema importancia en el diseño de autopistas. En la fig. 13-32 se da un ejemplo de un parapeto de máxima visibilidad. La parte de concreto del parapeto está diseñada para desviar el automóvil, en vez de permitirle chocar contra él, lo cual causaría un accidente más serio.

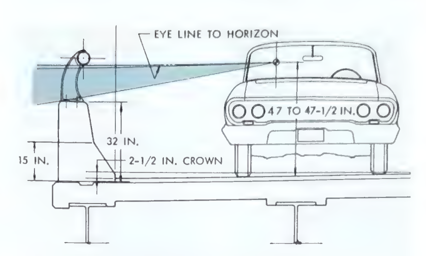


Fig. 13-32. El parapeto de 32" de altura necesario para evitar que el vehículo accidentado pase a través de la pared también proporciona visibilidad adecuada a los ocupantes del auto. La base inclinada de 15" elimina el contacto de la carrocería con el parapeto si alguna de las ruedas entra en contacto con la barrera

Sonido. El sonido debe captarse dentro de ciertas frecuencias para que sea claramente audible bajo circunstancias dadas. Gran cantidad de investigaciones se efectúan sobre los aspectos de ingeniería humana concernientes al sonido y control del mismo. La fig. 13-33 ilustra un sistema especial que se está experimentando para determinar el efecto de breves voces de precaución transmitidas al conductor mientras viaja en una autopista. El receptor de sonido, que puede instalarse rápidamente en el automóvil en el primer retén de peaje, transmite mensajes que ayudan al conductor a seguir regulaciones de seguridad. Las pruebas indican que un mensaje oral corto tiende

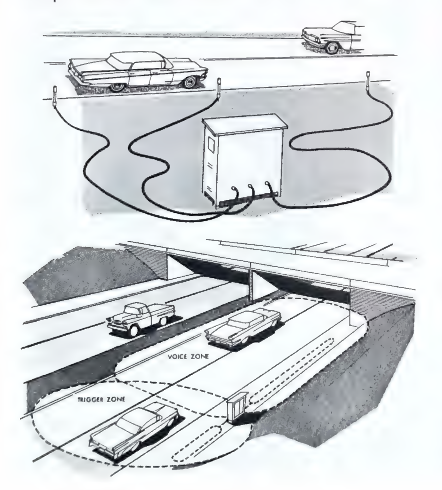


Fig. 13-33. Los transmisores del sistema *Hy-Com* de autopista al auto pueden operar por medio de antenas de núcleo de ferrita (figura superior) o por medio de circuitos radiantes dispuestos a lo largo del costado de la autopista (figura inferior). En este último caso, uno de los circuitos se extiende aproximadamente 50' a partir del centro de comunicaciones y en contra del tráfico. Esta longitud se denomina zona de recepción. Cuando un auto entra en esta zona, se produce una señal que activa al receptor de mensajes que ha sido colocado dentro del auto al entrar en la autopista. Los mensajes se transmiten cuando el automóvil entra en la zona de mensajes. El circuito radiante se puede extender hasta una distancia conveniente. Por ejemplo, si esta distancia es de 150 m, un auto que viaje a 95 kph alcanza a recibir un mensaje de seis segundos antes de pasar el radio de acción del transmisor. (Cortesía, con la figura anterior, del *Engineering Journal* de General Motors.)



Fig. 13-34. El ambiente de trabajo tiene un efecto muy importante en la realización de tareas. (Cortesía de Austin Company.)

a ser más efectivo y estimula una reacción más rápida del conductor que cualquier luz de prevención o zumbador energizado por medio de señales de radio. Puesto que la eficiencia en la producción se ve afectada por el control de ruidos o falta de ellos, el sonido puede asociarse en este sentido con el ambiente de trabajo, el cual se estudiará a continuación.

Ambiente de trabajo. El ambiente de trabajo puede comprender la distribución total de la planta industrial, las condiciones de un área específica de trabajo, o un lugar especial, tal como la cabina de un avión. El ambiente incluye (1) temperatura, (2) iluminación, (3) coloración, (4) control de sonido y (5) comodidad de acción. Esta es un área más compleja de la ingeniería humana, puesto que comprende todos los aspectos estudiados previamente en esta rama del análisis. Las necesidades psicológicas deben satisfacerse de igual forma. Un ambiente agradable y atractivo, como el que se ve en la fig. 13-34, tiene mayor posibilidad de contribuir a la eficacia del trabajo que un sitio desordenado, antiestético y bullicioso. La temperatura puede afectar enormemente los límites de fatiga de una persona normal en el ejercicio de sus labores. Este campo es actualmente materia de investigación profunda que busca las características más definidas del ambiente ideal y, por consiguiente, de medios para incrementar la eficiencia de las personas.

La zona de comodidad ambiental humana se basa en muchos factores interdependientes que afectan su eficiencia. Los límites de esta zona se pueden representar gráficamente por medio del diagrama de Henry Dreyfuss que aparece en la fig. 13-35. El círculo interior del diagrama representa la zona de comodidad, mientras que el círculo exterior es el límite de la zona permisible. Fuera de este círculo se presenta gran incomodidad o posible lesión. Otras consideraciones que afectan el ambiente humano son: radiación infrarroja, vibración ultrasónica, gases nocivos, polvo, polen e intercambio de calor con líquidos y sólidos. Estos factores, junto con los del diagrama, deben estudiarse durante el diseño de actividades y ambientes humanos.

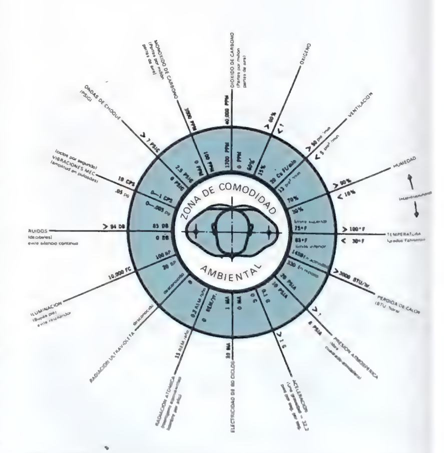


Fig. 13-35. La zona de comodidad ambiental está representada por el círculo interior, mientras que el círculo exterior denota el límite de la zona permisible. (Cortesía de Henry Dreyfuss y la Whitney Library of Design; de *The Measure of Man*, Nueva York, 1967.)

13-8 ANALISIS DE MERCADOS Y PRODUCTOS

Un diseño que se ha desarrollado hasta el punto en donde el análisis final depende de su aceptación por parte del mercado general debe analizarse en este aspecto específico. Este análisis seguramente implicará la evaluación de la actitud del consumidor potencial respecto del nuevo producto, aunque esto es solamente una parte de su análisis final. El producto dado debe analizarse para determinar información relativa a todas las áreas de manufactura y distribución al mercado antes de que pueda confirmarse su producción. Los diversos aspectos del análisis de productos son: (1) evaluación del mercado potencial, (2) análisis de costos, (3) medios de distribución, (4) publicidad, y (5) atractivos especiales. Estos aspectos se aplican esencialmente a productos comerciales desarrollados por medio de la ingeniería y la tecnología; sin embargo, las mismas consideraciones se pueden aplicar en algún grado a cualquier producto de ingeniería.

Evaluación del mercado potencial. Esta información generalmente se determina al iniciar el proyecto, como se indicó en el capítulo 4. La evaluación del mercado potencial seguirá siendo una consideración primordial durante todo el proceso de diseño si el producto final está dirigido al consumo general. Es muy útil examinar la reacción del consumidor ante varios diseños alternativos si se dispone de prototipos elaborados; de esta forma, es posible elegir el diseño más aceptado entre los que ofrecen apariencia y funcionamiento satisfactorios. La decisión del consumidor se puede obtener a partir de datos tabulados acerca de las reacciones de grupos significativos de consumidores potenciales ante las diversas características de cada diseño.

Deben determinarse ciertos aspectos generales del mercado, tales como límites de edades previsto, niveles de ingresos, localización geográfica y otras características del cliente que compraría el producto. Esta información es muy útil en las modificaciones que deban hacerse al diseño para satisfacer los requerimientos del mercado. Los mercados secundarios se pueden evaluar bajo los mismos criterios;



Fig. 13-36. El mercado potencial se debe evaluar antes de proceder a la producción en serie. El mercado potencial de la muñeca que se muestra aquí se investigó completamente antes de empezar su producción. (Cortesia de Mattel, Inc.)

éstos son mercados en los cuales el producto se puede utilizar en aplicaciones diferentes de las específicas para las que fue diseñado. Esta información referente al mercado también ayudará en la planeación de las campañas de publicidad dirigidas a motivar al consumidor. Las deficiencias en el análisis integral del mercado potencial pueden resultar extremadamente costosas, específicamente en la fabricación de productos de uso general, como en el caso de la industria de juguetes (figura 13-36).

Medios de distribución. La encuesta de mercados, estudiada en el capítulo 4, sugiere los principales medios de distribución para presentar el producto en el mercado. Es posible que, en vez de distribuir un producto extraordinario a través de agencias existentes, sea necesario establecer una organización particular de ventas vinculada con el fabricante, quien debe suministrar asistencia técnica e información al consumidor. Por ejemplo, no es conveniente efectuar la distribución de computadoras electrónicas por medio de agencias convencionales, sino a través de representantes técnicos que puedan actuar como consultores del cliente

que utiliza el equipo. Por el contrario, una silla plegable u otro artículo especial de uso campestre puede venderse eficientemente en una tienda de departamentos o de artículos deportivos, en donde poco se necesitan los representantes técnicos.

Durante la elaboración de un producto de consumo, el diseñador debe trabajar en estrecha vinculación con el personal del departamento de ventas de su organización para asociar mejor el producto con el usuario. La experiencia e investigación en el mercado se puede aplicar al diseño para incorporar el mayor número de características deseables y así asegurar la comerciabilidad del producto.

Atractivos especiales. Para incrementar la posibilidad de éxito en un artículo producido para competir con diseños existentes, se le deben incorporar características especiales que lo hagan más atractivo al consumidor que aquéllas de los productos competidores. Durante todo el proceso de diseño se debe mantener una lista de características especiales que respalde la factibilidad del producto propuesto. Estas cualidades particulares se emplearán para estimular el interés en el producto y atraer al consumidor por medios publicitarios enfáticos.

El costo económico y la sencillez de operación son atractivos esenciales de cualquier diseño. Características tales como compactibilidad, flexibilidad, apariencia, mobilidad, estabilidad, etc., pueden ser muy importantes en ciertos diseños y triviales en otros. Según esto, los requisitos del diseño deben estar siempre claramente definidos en la mente del diseñador para evitar desperdicio de esfuerzos debido a la desviación de objetivos.

Publicidad. Después de evaluar el mercado, recomendar los medios de distribución y describir los atractivos especiales, debe estudiarse el método de introducir el producto al mercado. Generalmente, éste es un problema de publicidad a cargo de una agencia. Sin embargo, el diseñador también debe interesarse en los requisitos generales de un análisis de mercados y productos. La publicidad puede llevarse a cabo por medio de contactos personales, por correo o a través de los medios de comunicación: radio, televisión, diarios y revistas periódicas. El método especifico a través del cual se va a anunciar el producto debe escogerse cuidadosamente; un producto de uso doméstico podria anunciarse en las revistas preferidas por las amas de casa, mientras que un producto diseñado para un profesional recibiria una publicidad deficiente en tal medio. El costo comparativo de la publicidad deseada también influye en la selección del medio. La época oportuna también es importante en productos que se usan por temporadas.

Análisis de costos. El análisis de los datos anteriores puede producir una estimación del precio de venta al por menor, pero el precio definitivo solamente se puede determinar después de un completo análisis de costos. Los gastos que se deben considerar en el análisis de costos son los siguientes: producción, materia prima, publicidad, empaque, transporte, almacenamiento, gastos fijos, comisiones de distribución y otros varios.

Las comisiones varían según el producto; sin embargo, la mayoría de los productos de consumo distribuidos por medios usuales requieren un aumento del 20 al 50 por ciento de su precio. El transporte de la fábrica al lugar de distribución varía ampliamente. Los métodos de empaque y transporte se deben estudiar para obtener una estimación razonable que se pueda incluir en el costo del producto.

El fabricante debe disponer del espacio necesario para almacenar el inventario de productos que han de ser distribuidos de acuerdo con los pedidos de los vendedores. Los gastos de almacenamiento pueden ser considerables a menos que el producto se preste a almacenamiento desarmado, lo cual requiere menos espacio. Si, además, el producto se puede ensamblar fácilmente, su empaque y envío se simplifican, con lo que se reducen los costos fijos. El diseñador debe tener estos detalles en mente durante todo el proceso de diseño e incorporar en el producto todas las características económicas posibles. Esto contribuye a asegurar un buen margen de utilidades para productores y vendedores, a la vez que sostiene



Fig. 13-37. Modelo a tamaño natural, en aluminio, de un vagón de tránsito rápido. (Cortesía de ALCOA.)



Fig. 13-38. Ensayos de laboratorio de un componente para determinar sus características de operación bajo condiciones severas. (Cortesía de Bell Telephone Laboratories.)

el producto en un nivel económico aceptable para el consumidor. Un estimativo general del precio del producto se puede obtener de la evaluación de los costos de otros productos disponibles en el mercado, de características, materiales y requisitos de producción similares.

La información sobre productos y mercados se debe recopilar utilizando métodos gráficos que aseguren su presentación aceptable. El capítulo 15 estudia técnicas de elaboración de los informes que se utilizarán en la decisión final sobre un diseño. Se deben preparar gráficas que presenten una imagen comprensible del potencial del producto en cuestión. El texto adjunto debe analizar los datos y señalar las tendencias y los descubrimientos significativos que puedan contribuir al éxito del diseño.

13-9 MODELOS

Los modelos constituyen ayudas efectivas no sólo en el análisis de un diseño en sus etapas preliminares, sino en la presentación del producto o sistema final en forma tridimensional de fácil apreciación. Un diseño se debe estudiar en cuanto a proporción, operación, tamaño, función y eficiencia por medio de modelos a escala; éstos pueden ser reducciones o ampliaciones del producto o sistema real. El modelo es la versión tridimensional de los dibujos elaborados a partir de conceptos mentales.

El análisis de un modelo puede servir para determinar espacios o relaciones que afecten la interacción de las diferentes partes. El diseñador se puede formar una mejor idea de las proporciones cuando estudia el modelo construido a escala natural respecto a su utilización, como en el caso de la fig. 13-37. Los componentes reales del diseño propuesto se pueden construir y examinar por medio de repetidas pruebas para determinar sus límites de resistencia y fatiga. La fig. 13-38 presenta un ejemplo de ensayo de laboratorio dirigido a determinar las características de funcionamiento de cierto elemento sometido a condiciones extremas. Los datos obtenidos en estos ensayos experimentales se pueden utilizar para predecir la probabilidad de éxito en el diseño específico. Este método de análisis se estudiará en el capítulo 14.

La escala y los detalles de presentación pueden variar según el propósito del modelo. Asimismo, los materiales pueden variar desde papel o madera de balso hasta los materiales reales especificados. En general, los tipos básicos de modelos son:

1. Modelos preliminares.
2. Modelos a escala.
3. Maquetas de tamaño natural.
4. Prototipos.
5. Modelos de disposición de sistemas.

Modelos preliminares. Un modelo preliminar es un modelo burdo construido por el diseñador, durante cualquier etapa del proceso de diseño, como ayuda en el análisis de alguna

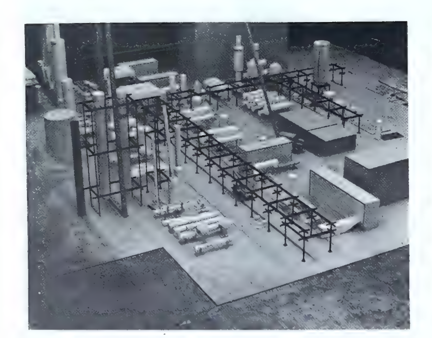


Fig. 13-39. Este modelo preliminar de una planta de procesos es una herramienta mediante la cual el ingeniero, por medio de datos de diseño y diagramas de flujo, puede rápidamente ensamblar distintas disposiciones de equipo y servicios auxiliares en forma tridimensional. (Cortesía de Bechtel Corporation.)



Fig. 13-42. Los componentes del interior de un automóvil se modelan en arcilla para simular el diseño final. (Cortesía, con la figura anterior, de Ford Motor Company.)

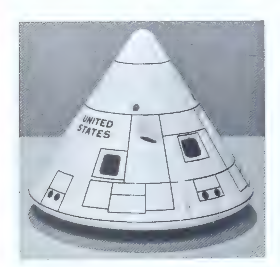


Fig. 13-40. Modelo a escala (1:20) del módulo de comando de la nave *Apollo Block 1 012.* (Cortesía de la NASA.)

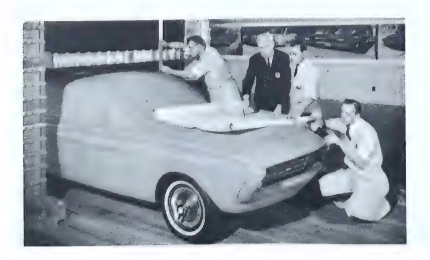


Fig. 13-41. Esta maqueta a tamaño natural, en arcilla, de un nuevo estilo de carrocería, se utiliza para analizar su apariencia.

característica del diseño (fig. 13-39). Estos modelos se construyen primordialmente para uso del diseñador, y no como medio para exponer sus ideas. Estos modelos pueden incorporar solamente una de las características del diseño, con el fin de apreciar mejor su forma, operación o fabricación; pueden construirse de cualquier material.

Modelos a escala. Los modelos a escala se construyen para el análisis o la presentación de un diseño perfeccionado. En estos modelos se puede utilizar ventajosamente madera de balso o cualquiera de los materiales usuales en modelaje. La escala escogida debe ser suficientemente grande para permitir las operaciones y movimientos del diseño que se expone. La fig. 13-40 muestra un modelo de ingeniería, escala 1:20, del módulo de comando de la nave espacial *Apollo Block-1*.

Maquetas de tamaño natural. Estos modelos del diseño terminado presentan la apariencia general del producto; se construyen más para analizar tamaño, forma, apariencia

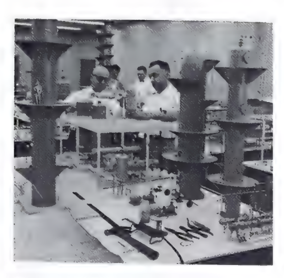


Fig. 13-43. Este modelo de disposición de sistemas se utiliza para analizar los detalles de su construcción.



Fig. 13-44. Los modelos pueden emplearse para complementar planos de trabajo o para desarrollar los dibujos finales. (Cortesía, con la figura anterior, de E. I. Du Pont de Nemours and Company.)

y relaciones entre componentes que para analizar movimientos y operaciones. El estudio de estas maquetas puede sugerir modificaciones en tamaño o configuración.

Los fabricantes de automóviles utilizan este tipo de maquetas para mejorar el estilo de la carrocería del auto. En la fig. 13-41, los diseñadores preparan una maqueta de tamaño natural que permita una completa evaluación del diseño de la carrocería. El interior del auto se modela en arcilla para obtener la impresión final (fig. 13-42). Los planos, bosquejos y dibujos artísticos con gran detalle se emplean como guías en la elaboración de estas maquetas extraordinariamente realistas.

Prototipos. Un prototipo es un modelo funcional de tamaño natural que se conforma a las especificaciones finales en todos los aspectos. Las únicas excepciones se pueden presentar en los materiales empleados. El prototipo, por lo general, se fabrica a mano antes de su aceptación formal para producción en serie; por esto se utilizan materiales fáciles de conformar a mano en lugar de los que serán empleados en producción formal. El prototipo es la última oportunidad que tiene el diseñador para modificar sus conceptos. Algunos prototipos de diseño funcional proporcionan datos que se pueden utilizar en el análisis, como se verá en el capítulo 14.

Modelos de disposición de sistemas. Estos modelos pertenecen a una clase especial y se emplean para ilustrar las relaciones entre edificaciones, sistemas de fabricación, sistemas de tránsito o procesos industriales. Los modelos de refinerías se elaboran para complementar los planos de trabajo durante su construcción y también para asistir al diseñador en la determinación de los espaciamientos indispensables en el sistema funcional. Las figs. 13-43 y 13-44 ilustran ejemplos de sistemas de refinería y procesamiento. Las fotografías de ciertas secciones del modelo pueden adjuntarse a los planos definitivos para explicar ciertas características complicadas que, de otra forma, requerirían mayor estudio para su comprensión.

La escala adecuada del sistema depende de los objetivos del modelo. Si, por ejemplo, el modelo se propone mostrar relaciones generales entre edificaciones o grandes estructuras, se utilizará una escala 1:200 o menor, como en el ejemplo ilustrativo de la fig. 13-45. Si



Fig. 13-45. Los modelos dirigidos a mostrar relaciones generales entre edificaciones o grandes estructuras se pueden construir a escala pequeña. (Cortesía de Exxon Research, New Jersey.)



Fig. 13-46. Este modelo funcional a escala de la represa Hoover se elaboró para mostrar la configuración final de la represa y de los terrenos adyacentes. (Cortesía del Bureau of Reclamation, Department of Interior, EE. UU.)



Fig. 13-47. Modelo 1:10 del vehículo espacial *Mariner*. (Cortesía de la NASA.)

el modelo se ha de utilizar en un análisis de tolerancias entre partes conexas que va a servir para el perfeccionamiento del diseño final, la escala debe ser proporcionalmente mayor. El modelo a escala de la represa Hoover, que aparece en la fig. 13-46, se utilizó para describir la apariencia final de la represa y sus alrededores durante el análisis y la presentación del diseño.

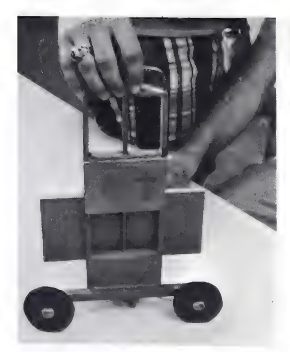
El interior de una planta de manufactura u otros sistemas arquitectónicos interiores se construirán con una escala 1:50. Estos modelos se ajustan a las escalas generalmente empleadas en el dibujo de planos. Los modelos de arquitectura se pueden construir utilizando materiales disponibles en el comercio que añaden realismo y reducen el tiempo de construcción del modelo.

13-10 CONSTRUCCION DE MODELOS

El estudiante debe elaborar modelos preliminares como medio para evaluar su diseño y analizar su funcionamiento. Estos mismos modelos se pueden utilizar para inducir el proceso de decisión (capítulo 18), cuando se presente el concepto del diseño ante un grupo. El modelo puede darle al diseñador un sentido de la escala, apariencia y proporción, inalcanzable por otros métodos. El estudiante puede elaborar modelos que representen soluciones de diseño a un costo bastante reducido.

Materiales. En casi todas partes se encuentran proveedores de la mayoría de los materiales utilizados en la elaboración de modelos. El balso es la materia prima que generalmente se emplea en los modelos, debido a que puede dársele forma con gran facilidad y con un mínimo de equipo. Herramientas simples, como hojas de afeitar, son más que suficientes para la construcción de modelos de balso; además, las partes de balso pueden pegarse fácilmente para lograr formas complicadas.

Ciertos elementos normalizados, tales como ruedas, tubos, figuras a escala, pernos y otros, se pueden adquirir en el comercio para así reducir tiempo y trabajo de construcción. El diseñador puede necesitar partes especiales que no se encuentran en el comercio o, en



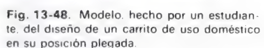

Fig. 13-48. Modelo, hecho por un estudiante, del diseño de un carrito de uso doméstico en su posición plegada.



Fig. 13-49. El carrito en posición de uso

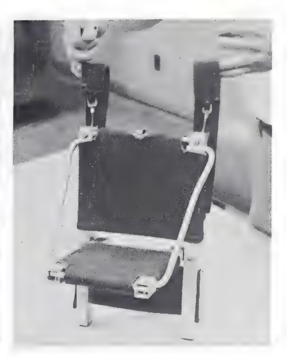


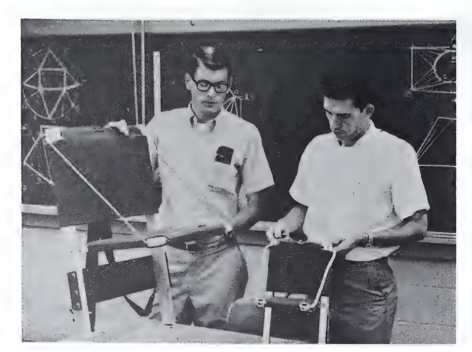
Fig. 13-50. Modelo a escala, hecho por un equipo de estudiantes, del diseño preliminar para una silla de cacería que se pueda fijar a un árbol

algunos casos, puede encontrar los componentes adecuados (ruedas, mecanismos, etc.) en un juguete existente en el mercado. Existen pocas reglas establecidas referentes al método según el cual el constructor de modelos debe completar su objetivo, de tal manera que esta actividad le permita ejercitar su capacidad innovadora y su imaginación.

Otros materiales moldeables que se pueden emplear en modelos son el aluminio, la arcilla, el yeso y la madera. El aluminio en láminas o tubos no se utiliza para todo el modelo, sino únicamente para ciertos componentes especiales. La arcilla y el yeso son adecuados para el moldeado de formas plásticas, tales como la carrocería del automóvil de la fig. 13-41. La madera laminada o sólida se presta para muchas aplicaciones en modelos grandes o en modelos funcionales con partes móviles. La madera, aun blanda como la de pino, requiere herramientas más especializadas que el balso, puesto que es más dura y, por tanto, más difícil de tallar o cortar.

Los modelos deben tener un acabado perfecto cuando se usan en la presentación del proceso de diseño, con el fin de dar una impresión fiel del diseño final. En otros casos, como cuando se construyen para analizar alguna función, esto no será tan importante. La figura 13-47 presenta un ejemplo excelente de un modelo funcional y presentable de una nave *Mariner*, construido a escala 1:10. El modelo muestra suficientes detalles para explicar plenamente todas las partes del diseño. El estudiante puede lograr buen acabado puliendo todas las superficies y pintando el modelo de modo que simule los materiales que se emplearán en el diseño final.

Escala del modelo. La escala que el diseñador escoja tendrá un efecto importante en el resultado final y en el mérito del modelo. Un modelo que se utiliza para analizar las partes móviles de un producto funcional debe construirse a la escala adecuada que permita analizar la parte móvil más pequeña. Las figuras 13-48 y 13-49 ilustran el modelo hecho por un estudiante para el diseño de un carrito de uso doméstico. Este modelo de balso posee un mecanismo para plegar las ruedas hasta que éstas queden paralelas al armazón, con lo cual se reduce el espacio de almacenaje. La posición de las ruedas se controla por medio de una perilla localizada en la manija. Aunque el modelo es pequeño, el mecanismo de las ruedas funciona de igual forma que



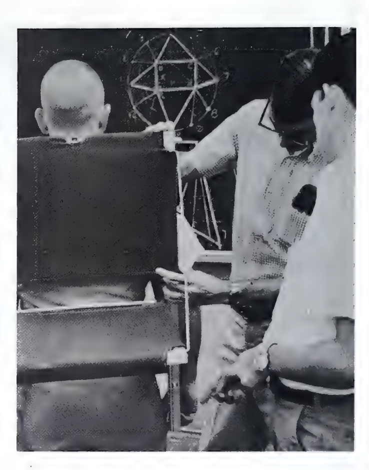


Fig. 13-51. El análisis del modelo a escala produjo el desarrollo de un prototipo para análisis más detallado por parte de sus diseñadores, Keith Sherman y Larry Oakes.

Fig. 13-52. La silla de cacería es examinada en su calidad de instrumento de carga por el equipo de diseño, John Thaxton, K. Sherman y L. Oakes.

el del producto final. En general, los modelos deben construirse de un tamaño de por lo menos 30 cm. Los modelos de sistemas, como los descritos en la sección 13-9, necesariamente deben ser mucho más grandes para presentar los suficientes detalles.

Análisis del modelo. La fig. 13-50 ilustra la forma preliminar del diseño hecho por un estudiante para la silla de cacería presentada en el capítulo 2. Se construyó de retales de lona y aluminio obtenidos en una fábrica; el diseño especifica que el producto final debe elaborarse en lona y aluminio. Durante el estudio de este modelo a escala se descubrieron detalles de fabricación que necesitaban mejoras. Estas modificaciones se incorporaron en el prototipo de la fig. 13-51. Los factores humanos que afectan la comodidad y la funcionalidad de la silla se pueden identificar mediante el examen del modelo en uso real. El uso adicional de la silla como instrumento de carga para llevar a cuestas (fig. 13-52) debe estudiarse en cuanto a comodidad y método de amarre. El sistema de anclaje al árbol puede ensayarse y modificarse en el lugar de aplicación; esto es necesario, pues es la única forma segura de determinación. Los métodos de manufactura y ensamblaje se discuten y mejoran con mayor propiedad mediante la consulta con el personal de producción experimentado en producción en serie, si se dispone del modelo completo.

Los modelos también se pueden emplear para ensayar la reacción del consumidor ante el nuevo producto antes de proceder a su producción. Aunque los dibujos, fotografías y bocetos artísticos ayudan en la comunicación de conceptos al público en general, la verdadera prueba de aceptación solamente puede venir de la reacción ante el producto real. Como se mencionó antes, es mejor presentar más de un diseño al público para determinar sus preferencias en cuanto a los detalles que afectarían la producción en serie del producto.

El estudiante encontrará ventajosa la experiencia de seguir el proceso de diseño desde sus conceptos mentales iniciales, pasando por los dibujos adecuados, hasta el modelo a escala que presente su diseño en forma tangible. Este proceso le asegurará el máximo de exposición al proceso total de diseño que él puede lograr sin estar realmente comprometido en una situación de manufactura. La elaboración

de un modelo funcional completo requiere que él haya atacado exitosamente los problemas del diseño durante la etapa de su formulación; de otro modo, su diseño no funcionará. Teniendo esto como prueba de su esfuerzo, el estudiante tratará su diseño en condiciones reales y con desafíos semejantes a los que se le presentarán en la práctica de la ingeniería.

13-11 ANALISIS POR COMPUTADOR

El computador se ha venido utilizando para resolver un número cada día más creciente de problemas de ingeniería, proporcionándole al ingeniero tiempo adicional para trabajo verdaderamente creativo. Los computadores producen respuestas casi inmediatas a ecuaciones programadas y tienen rápido acceso a información almacenada en la sección de memoria. En un principio, los computadores se utilizaban esencialmente para resolver problemas numéricos y la representación gráfica posible era escasa; sin embargo, muchos modelos modernos poseen facilidades de representación gráfica (fig. 13-53).

Ultimamente, se han logrado sistemas de representación tridimensional que presentan al diseñador una imagen real de su diseño y que se puede modificar a voluntad (figura 13-54) por medio de trazos con un lápiz luminoso sobre la pantalla sensible de un tubo de rayos catódicos. Este método permite resolver problemas en el espacio y observarlos desde cualquier ángulo durante su análisis posterior. Algunos factores humanos se han programado en el sistema gráfico del computador de la Boeing Company, como medio de analizar un individuo promedio en diversas posiciones (fig. 13-55). Por medio de órdenes dadas al computador, se puede colocar la figura en un número ilimitado de posiciones, entre éstas las que asumiría en el desempeño de sus labores. La General Dynamics ha utilizado aplicaciones análogas de los métodos gráficos de computador para analizar los efectos de la configuración del parabrisas de un avión sobre la visibilidad según el nivel de aproxima-



Fig. 13-54. Utilizando un lápiz luminoso, un tubo de rayos catódicos de pantalla sensible y un computador de gran capacidad, el diseñador puede terminar un dibujo en segundos, mientras que por el método tradicional tardaría horas. (Cortesia, con la figura anterior, de IBM.)

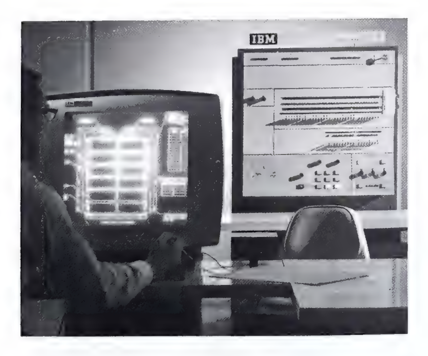


Fig. 13-53. Representación gráfica y análisis de problemas científicos por medio de un computador IBM modelo 44.

ción a la pista de aterrizaje de un portaaviones (figura. 13-56). En esta aplicación se programan, desde diferentes posiciones, perspectivas construidas por computador que le dan al piloto las imágenes del portaaviones desde la zona usual de aproximación hasta el aterrizaje. Una serie de estos dibujos generados por computador se pueden ordenar y filmar en secuencia para obtener una película realista de la visión del piloto durante el aterrizaje, tal como si se hubiera fotografiado con una cámara filmadora. La solución manual de un problema de este tipo necesitaría una cantidad excesiva de tiempo y de gastos y, por tanto, sería irrazonable.

La fig. 13-57 presenta un ejemplo de gráficos bidimensionales de computador, en donde se registra el consumo de potencia contra tiempo en varias estaciones de potencia. La presentación gráfica permite el análisis inmediato del resultado de los datos registrados durante un período de 24 horas. El «Dataplotter» de Electronic Associates elaboró esta gráfica en tres minutos. Este graficador también puede utilizarse en perspectivas como la de la figura 13-58 o en secciones transversales de carreteras indispensables para su diseño. El sistema de cómputo ilustrado en la figura 13-59 es característico de los utilizados en diseño de ingeniería.

En muchas industrias se ha utilizado el computador como herramienta para ahorrar tiempo en labores de diseño. El dibujo de la figura 13-60 esquematiza la relación diseñador-computador. El diseñador desarrolla una nueva

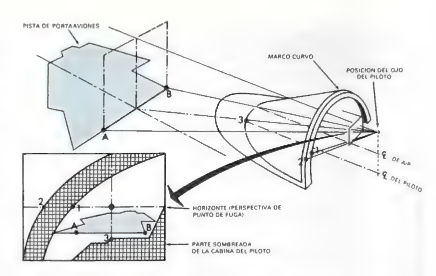


Fig. 13-56. Gráficos por computador empleados para simular por medio de perspectivas la visión de un piloto que se aproxima a la pista de aterrizaje de un portaaviones. (Cortesía de General Dynamics Corporation.)

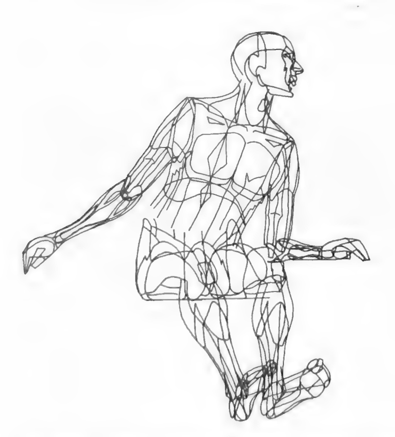


Fig. 13-55. La Boeing Company ha programado con éxito una figura humana promedio que puede colocarse en un número ilimitado de posiciones para el análisis de factores humanos. (Cortesía de Boeing Company.)

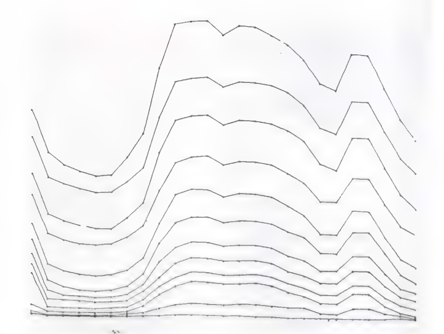


Fig. 13-57. Gráfico de computador para analizar el consumo de potencia contra tiempo a intervalos de media hora durante un período de observación de 24 horas. (Cortesía de Electronics Associates, Inc.)



Fig. 13-58. Esta casa tipo rancho fue dibujada según datos suministrados en cinta perforada de papel. Cada coordenada *X* e *Y* se presentó como un número de tres dígitos con signo.

idea de diseño y trabajo en coordinación con un programador, quien le proporciona las técnicas de computación que le convienen en la formulación del diseño. El diseñador le suministra datos y especificaciones al programador y éste los transmite al computador en el lenguaje apropiado. El computador procesa los datos y los pasa a la unidad de dibujo de control numérico encargada de elaborar los planos. El diseñador revisa los dibujos y luego analiza el diseño inicial y, si es necesario, lo modifica. Esta secuencia se repite hasta que el diseñador obtiene el diseño óptimo que satisface sus necesidades.

En la fig. 13-61 se aprecia una noción más amplia de la relación diseñador-computador. La secuencia inicial continúa hasta que

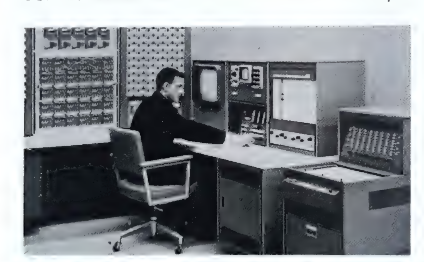


Fig. 13-59. Sistema de computador característico para representación gráfica. Consta de un sistema analógico TR-20 con graficador *X-Y Variplotter* y una pantalla de rayos catódicos. (Cortesía, con la figura anterior, de Electronics Associates, Inc.)

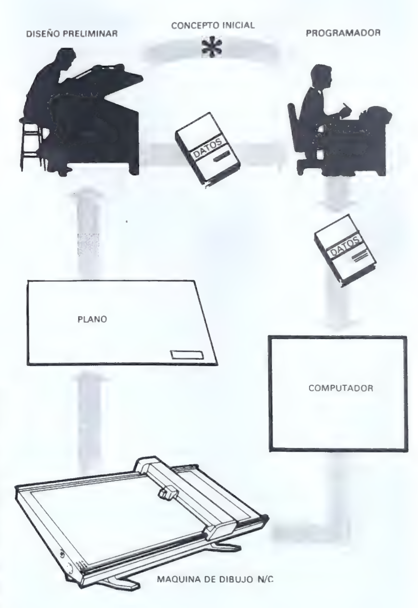


Fig. 13-60. Esquema de relación entre computador y deseñador, trabajando en coordinación con una unidad de control numérico. (Cortesía de General Dynamics Corporation.)

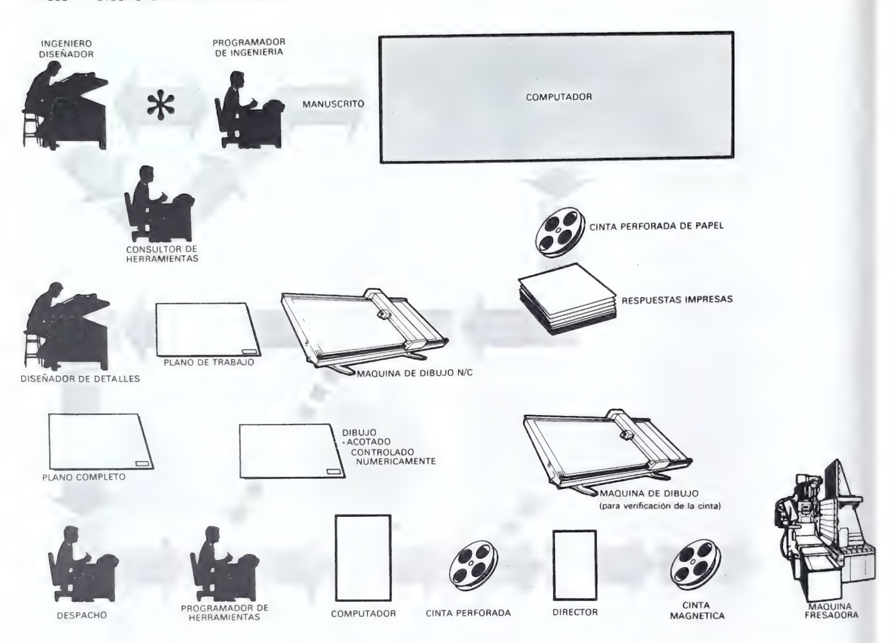


Fig. 13-61. Sistema total de maquinado por control numérico, desde el diseñador hasta la máquina fresadora. (Cortesía de General Dynamics Corporation.)

el diseño satisface al diseñador. Después de esto, el dibujo preparado por la máquina de control numérico vuelve al diseñador o a su sección para su revisión y complementación en lo tocante a dimensiones, notas y especificaciones. Los planos finales y un dibujo dimensionado por la máquina de control numérico pasan entonces al grupo de programación de herramientas, quienes se encargan de programar las trayectorias de herramientas, avances, velocidades y necesidades de la máquina. Estos datos se suministran al computador, de donde salen para la fresadora encargada del maquinado de la pieza.

El computador ha relevado al diseñador y al ingeniero de muchos trabajos rutinarios y repetitivos que en el pasado menguaban su productividad creadora. Ahora pueden trabajar de forma más eficiente, pues están en capacidad de utilizar el computador para la recuperación de información y dibujos archivados para resolver problemas y para la realización de operaciones lógicas. Sin embargo, la exactitud de la información gráfica y de los datos producidos por el computador depende únicamente de la exactitud de los datos que se le suministren; en consecuencia, el diseñador debe adquirir la capacidad para evaluar el nivel de certidumbre del resultado. Además, a pesar de que el computador puede realizar multitud de operaciones, no puede pensar; entonces, el diseñador debe seguir confiando en sus

propios procesos mentales. Es él, y no el computador, el responsable de la aceptación o el rechazo final del concepto de diseño. El diseñador debe basar su decisión no solamente en las informaciones obtenidas del computador o de otras fuentes, sino en su propia experiencia.

13-12 LOS GRAFICOS Y LOS COMPUTADORES

La utilización de gráficos elaborados con ayuda de computador economiza mucho tiempo. El ingeniero y el dibujante se desentienden de la elaboración a mano de muchos dibujos que pueden hacerse por computador. Sin embargo, esto no disminuye la necesidad que tiene el ingeniero de conocer los fundamentos de la representación gráfica. Por el contrario, se necesita un mayor dominio de la teoría de gráficos de geometría descriptiva para poder programar correctamente estas relaciones en el computador. El computador produce gráficos de igual forma casi que el dibujante y, como en todo proyecto de ingeniería, la responsabilidad en la revisión y aprobación del dibujo recae en el ingeniero asignado a tal proyecto. Un plano incompleto o confuso puede ocasionar errores costosos. El ingeniero debe poseer un buen dominio del lenguaje gráfico y comprensión de las relaciones espaciales para poder comprobar los dibujos del computador.

Debe hacerse hincapié en el hecho de que un computador no puede elaborar un diseño realmente creativo, puesto que éste está diseñado para efectuar operaciones repetitivas basadas en información tomada de hechos reales y en ecuaciones específicas. Unicamente puede combinar la información recibida previamente y es incapaz de generar conceptos originales propios. El proceso gráfico, entonces, se emplea para crear las ideas iniciales y el computador para reducir tiempo y esfuerzo en el desarrollo subsecuente de esas ideas.

13-13 ANALISIS EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS

En los capítulos precedentes se han presentado ejemplos de un problema de diseño de productos y de uno de sistemas, con el fin de ilustrar sus métodos de solución mediante la aplicación de los principios dados en cada capítulo. La última etapa que se discutió en el diseño de productos —la silla de cacería— fue su perfeccionamiento (capítulo 6). El diseño de la silla de cacería presenta un gran número de problemas en ingeniería humana, los cuales deben solucionarse, pues el objetivo único de la silla es el de proporcionar seguridad y comodidad a la persona que caza desde un árbol. Los métodos gráficos son de gran utilidad en la preparación de dibujos de acuerdo con las dimensiones y posturas del cuerpo humano, pero en cualquier problema que implique ingeniería humana no hay sustituto para la prueba real del producto final. En las clases que han trabajado en el diseño de la silla, estos ensayos los ha conducido el equipo de estudiantes asignados al proyecto.

La silla de cacería se desarrolló a partir de un modelo preliminar (fig. 13-50) hasta obtener un prototipo (fig. 13-51). El modelo a escala se utilizó para analizar los mecanismos y el método de fabricación, mientras que el prototipo se necesitó para examinar diversas consideraciones de ingeniería humana. Puesto que la silla tuvo el doble objetivo de silla e instrumento de carga, se ensayó para determinar si era cómoda para llevar a cuestas y para estudiar su adaptabilidad a la espalda humana (fig. 13-52). Un análisis más completo de este diseño y su modelo requiere la evaluación gráfica de las fuerzas vectoriales actuantes sobre cada miembro estructural cuando la silla esté anclada al árbol y el cazador acomodado en ella.

13-14 ANALISIS EN EL DISEÑO DE SISTEMAS

La ingeniería humana y otras áreas del análisis se pueden emplear en el diseño del estacionamiento inicialmente presentado en el capítulo 2. Este problema se vuelve a enunciar a continuación:

Problema de sistemas. Seleccione un edificio de su universidad que necesite un estacionamiento apropiado para la gente que lo ocupa. Puede ser un edificio residencia de estudiantes, administrativo o de aulas. Diseñe la

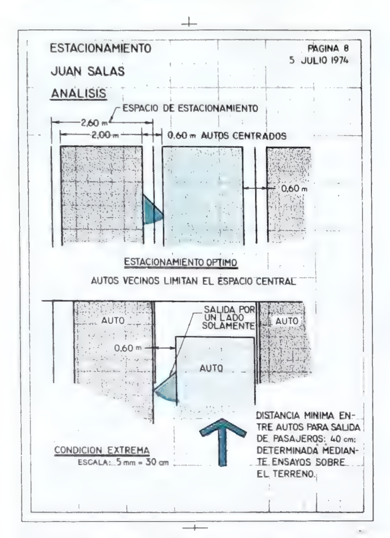


Fig. 13-62. Ejemplo del análisis en hojas de trabajo para el problema del diseño del estacionamiento presentado en el capitulo 2

combinación de sistemas de tráfico y estacionamiento adecuada a las necesidades de ese edificio. La solución de este problema debe considerar las limitaciones, los reglamentos y las normas de su universidad para que sea realista.

El análisis del problema de estacionamiento incluirá la mayoría de los aspectos estudiados en este capítulo, pero utilizará menos la geometría descriptiva que el problema de la silla de cacería. La fig. 13-62 presenta el análisis del ancho del espacio de estacionamiento para ilustrar la verificación de una dimensión óptima. Por ejemplo, si se diseña cada espacio de 2,60 m para un auto de 2,00 m de ancho, éste deja 30 cm a cada lado si los autos están estacionados en el centro de sus espacios. Por supuesto que este no será el caso siempre; entonces, es necesario analizar la condición extrema. Esta condición existe, como se muestra en la segunda parte de la hoja de trabajo, cuando dos autos vecinos limitan un espacio al máximo; si un auto logra estacionar en el costado derecho de este espacio, habrá suficiente espacio para que el conductor pueda salir, pero no para los pasajeros que viajan en el lado derecho del auto. Además, el conductor del auto de la derecha tendrá que entrar a su auto por el costado derecho, ya que el auto del centro imposibilita su acceso por el costado izquierdo.

Se han realizado muchos ensayor para determinar la apertura mínima necesaria para que un pasajero puede salir de un auto. Estas pruebas se realizaron estacionando a diversas distancias de otro auto estacionado y haciendo que el pasajero saliera como lo haría normalmente. Se encontró que 40 cm es aproximadamente la distancia mínima que permite salir cómodamente.

También deben realizarse otros tipos de análisis gráficos. Por ejemplo, deben estudiarse la trayectoria del auto a su salida del espacio de estacionamiento y el margen de espacio adecuado para virar en las esquinas cuando todos los espacios están ocupados. Debe analizarse la facilidad de un auto para abandonar su espacio de estacionamiento, tanto en condiciones óptimas como extremas; esto se hace mediante el radio de viraje de 9 m definido previamente en las hojas de trabajo de este problema. Este estudio asegurará espacios y áreas de tránsito adecuadas.

Los diversos tipos de análisis reseñados hasta ahora implican ingeniería humana en cuanto concierne a propiedades físicas. Otro tipo de análisis indispensable se refiere a la comparación de los costos de cada diseño propuesto teniendo en cuenta las ventajas que ofrece cada uno. Para esto, el ingeniero debe efectuar un juicio subjetivo, acerca del cual no existen reglas. Solamente la experiencia y la observación de sistemas análogos pueden mejorar sus estimaciones.

Hasta aqui, no se han discutido todos los aspectos que requieren análisis en los varios diseños perfeccionados para el estacionamiento. Por ejemplo, sería útil, quizá, analizar más a fondo el número de espacios disponibles en cada diseño. Esto aseguraría un estaciona-

miento adecuado sin tener tamaño excesivo. Todas las hojas de trabajo empleadas en el análisis deben incluirse en el material recopilado para este problema.

13-15 RESUMEN

Una vez concebidas y analizadas las ideas preliminares, deben ser examinadas para determinar cuál de ellas proporciona la mejor solución al problema. El proceso de análisis utiliza muchos principios y se puede considerar en varios aspectos. Las áreas generales de análisis que se discuten en este capítulo son: (1) ingeniería humana, (2) análisis de mercados y productos, (3) análisis de prototipos y modelos, (4) cantidades físicas, (5) análisis de resistencia, (6) funcionamiento y (7) análisis económico.

La ingeniería humana estudia la adaptación de diseños para satisfacer las necesidades de comodidad y eficiencia humanas. El objetivo de casi todo diseño es satisfacer necesidades humanas; por consiguiente, las características, las dimensiones y los movimientos humanos serán factores limitantes en la selección del diseño óptimo. El análisis de mercados y productos es continuación de la evaluación del mercado potencial de un producto en proceso de diseño; esta área se estudió en el capítulo 4. Además de los méritos del diseño, el producto debe tener suficiente aceptación para justificar su construcción o producción; el análisis de mercado produce indicaciones en este importante factor.

El análisis de modelos es un método efectivo para estudiar el funcionamiento, la escala y apariencia de un diseño y también para conducir ensayos y obtener datos experimentales para análisis posterior; de esto tratará el capítulo 14. El análisis de cantidades físicas ha sido estudiado en los capítulos 6 a 12, en donde se presentan métodos para hallar distancias, dimensiones, ángulos y otras propiedades indispensables en el análisis de un diseño. El funcionamiento y la economía son aspectos integrales del proceso de desarrollo y análisis de cualquier diseño y no se pueden presentar en forma independiente de las otras etapas. Deben tenerse muy en cuenta la eficiencia del diseño y sus posibilidades de ofrecer utilidades al fabricante.

Las diversas ciencias y principios de ingeniería se emplean ampliamente para convertir propiedades de diseño en ecuaciones que puedan analizarse al máximo. Los métodos gráficos encuentran aplicación en cada uno de los aspectos del diseño.

En muchos casos, el análisis gráfico es el método más conveniente para resolver el problema. El ingeniero debe ser competente en métodos gráficos para que pueda desempeñarse eficientemente mediante el empleo de todos los artificios de análisis a su alcance. El capítulo 14 presentará las aplicaciones de los métodos gráficos en la etapa de análisis del proceso de diseño.

PROBLEMAS

Estos problemas deben presentarse en papel blanco o cuadriculado de 21 × 28 cm según el formato de la sección 1-19. Todas las notas, bosquejos, dibujos y trabajos gráficos deben presentarse en forma clara y de acuerdo con las prácticas enseñadas en este libro. Los escritos deben hacerse utilizando letra de 3 mm y líneas de guía.

Generalidades

1. Enumere los factores humanos que deben considerarse durante el diseño de los siguientes problemas: una canoa, un cepillo para el cabello, un enfriador de agua, un automóvil, una carretilla, una mesa de dibujo, un escritorio, un par de binóculos, un caminador para niño, un campo de golf y una silla de estudio.

2. ¿Qué cantidades físicas deben determinarse en los diseños del problema 1?

3. Elija uno de los elementos del problema 1 y reseñe las medidas que deben tomarse para satisfacer las siguientes áreas de análisis: (1) ingeniería humana, (2) análisis de merca-

do, (3) análisis del prototipo, (4) cantidades físicas, (5) resistencia, (6) funcionamiento y (7) economía.

Ingeniería humana

4. Utilizando su cuerpo como patrón, haga un dibujo que indique las áreas óptimas de trabajo para usted cuando se sienta a dibujar a una mesa de dibujo. Suponga que usted debe emplear sus medidas como base del diseño de una mesa de dibujo que satisfaga las necesidades de su clase. Esta mesa tendrá aplicación y mercado en escuelas parecidas a la suya. Su alcance, postura y visión tendrán un gran efecto en las dimensiones de la mesa. Su dibujo debe presentar tres vistas del área ideal de trabajo mientras dibuja. El dibujo también debe mostrar la localización óptima de los instrumentos de trabajo. Por medio de experimentos, determine la inclinación de la mesa que proporcione máxima comodidad.

5. Utilizando las dimensiones de la persona promedio dadas en este capítulo, diseñe la disposición de los asientos de un estadio que mejor satisfaga las necesidades de los espectadores. Determine 'as dimensiones de la figura 13-63. Una consideración primordial será la inclinación de la base de los asientos, que debe diseñarse para proporcionar visión adecuada del campo de juego. También deben considerarse la comodidad del espectador y el espacio para transitar entre los asientos. Se desea acomodar el mayor número de personas en el estadio sin perjuicio de la comodidad individual. Utilice las dimensiones dadas en el capítulo y sus propias medidas corporales para simular estas condiciones en clase.

6. Compare las dimensiones de sus condiscípulos con las normas de la sección 13-6. Por ejemplo, compare la estatura promedio de su clase con el patrón de la sección 13-6.

7. Diseñe una mochila de campaña para un paseo campestre. Enumere los elementos mínimos que deba llevar y utilice sus pesos y volúmenes como criterios de diseño. Elabore bosquejos de la mochila y sus métodos de sujeción de manera que permita comodidad, movilidad y capacidad óptimas. Determine la carga óptima que una persona puede llevar durante un paseo de varias horas.

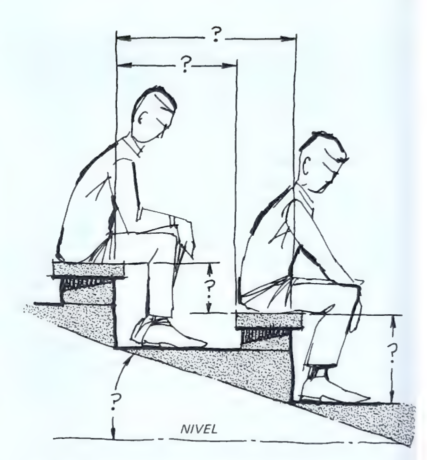


Fig. 13-63. Ingeniería humana aplicada a los asientos de un estadio

8. Determine las dimensiones, los servicios y otras provisiones necesarias en un refugio antiatómico individual que proporcione protección durante 48 horas. Elabore bosquejos del interior, teniendo en cuenta el hombre y sus víveres. ¿Cómo sería el suministro de agua, ventilación, víveres y otros recursos vitales? Explique su diseño con respecto a las necesidades de ingeniería humana.

9. Como ingeniero, usted debe diseñar el túnel vertical de acceso a una planta subterránea (fig. 13-64). ¿Cuál debe ser el diámetro del túnel que le permita a un hombre subir por una escalera una distancia de 3 m con suficiente facilidad de movimiento? Haga un bosquejo de su diseño y explique el método de solución.

10. Suponga que se le ha encomendado el diseño de una estación temporal de observación en el Artico, operada por un solo hombre. Esta estación debe ser suficientemente com-



Fig. 13-64. Tamaño óptimo para un túnel vertical de acceso

pacta como para satisfacer las necesidades del operador durante las 72 horas de su período de servicio. Determine los servicios y provisiones que requiere, tales como calefacción, ventilación y aislamiento. Haga bosquejos de su diseño y explique los elementos de ingeniería humana que considera esenciales en el problema.

11. Diseñe un volante de automóvil distinto de los existentes, pero igualmente funcional. Elabore su diseño con base en factores humanos, tales como posición de los brazos, agarre y visión. Haga bosquejos de su diseño y enumere los elementos que tuvo en cuenta.

12. Elabore bosquejos que muestren algunas medidas de seguridad que puedan incorporarse a un automóvil para reducir el riesgo de lesión causada por un accidente. Explique sus ideas y las ventajas de sus diseños. Debe darse primordial consideración a los aspectos de ingeniería humana.

13. Suponga que usted prefiere dibujar a ratos de pie y a ratos sentado. Determine la altura ideal de la mesa de dibujo para cada una de las posturas. Indique cómo se podría diseñar una mesa que permitiera conversión instantánea de altura según la posición del dibujante.

14. Identifique algunos problemas de ingeniería humana que usted considere que requieren solución. Presente varios de éstos a su profesor para obtener su aprobación. Resuelva los problemas que él apruebe y haga una serie de bosquejos para explicar su tratamiento.

Análisis de mercado

15. Suponga que usted es responsable del análisis de mercado de la batidora de la figura 13-18. Incluya en su análisis los distintos aspectos estudiados en la sección 13-8. Suponga que el producto es nuevo y nunca se había producido en su calidad de artefacto eléctrico (todos los existentes son manuales). Enumere los pasos que seguiría para realizar los análisis de mercados y productos en este caso.

16. Haga el análisis de producto y mercado de la silla de cacería de las figs. 13-50 a 13-52, siguiendo los pasos sugeridos en la sección 13-8. Determine el precio de venta que considere satisfactorio junto con los métodos de distribución y toda la información que crea conveniente para su análisis.

17. Suponga que los costos de producción estimados para las sillas de cacería son: 100 sillas, $ 35 c/u; 200 sillas, $ 20 c/u; 400 sillas, $ 10 c/u; 1.000 sillas, $ 8,50 c/u. Empleando estos datos, determine el precio introductorio de las sillas al mercado a manera de ensayo, manteniendo cierta seguridad económica. Explique su plan.

18. Enumere todas las características especiales que observe en la silla de cacería y que considere importantes para una campaña de publicidad y ventas. Elabore bosquejos y notas que expliquen estas características.

Modelos

19. Dé ejemplos de diseños de los cuales sería necesario construir prototipos de tamaño

natural para conducir análisis y ensayos pormenorizados antes de su producción definitiva. Dé ejemplos de diseños que no exijan la construcción de prototipos, puesto que un modelo a escala puede ser suficiente para su análisis. Explique sus respuestas.

20. Enumere las escalas y los materiales que utilizaría en la construcción de modelos para los diseños del problema 1. Explique sus determinaciones.

21. Enumere varios tipos de diseños que usted crea serían presentados con mayor efectividad por medio de modelos a un grupo de inversionistas para obtener respaldo financiero. Explique sus decisiones. Dé ejemplos de proyectos cuya presentación no puede mejorarse por medio de modelos. Explique.

Análisis por computador

22. Escriba un informe acerca de las aplicaciones corrientes de los computadores en el análisis de un diseño. Puede obtener información en la biblioteca o por medio de las publicaciones de los fabricantes de computadores.

23. El empleo del computador en la solución de problemas de ingeniería y matemáticas ha aumentado considerablemente durante los últimos años. Un computador está en condiciones de resolver problemas numéricos con mayor facilidad y en fracciones del tiempo que requerirían los métodos manuales tradicionales de ingeniería. ¿Cómo puede la eficiencia de este método afectar un curso universitario de matemáticas? Y, puesto que el computador puede resolver estos problemas, ¿será necesario que se continúen dictando cursos de matemática en ingeniería? Explique.

24. Determine para cuál de los siguientes tipos de problemas es más conveniente el computador: el diseño de un sistema de manija y cierre el portaequipajes de un auto, el diseño de un casco protector para motocicletas, el diseño del tren de aterrizaje de un avión, el diseño del pavimento de carretera según la carga.

BIBLIOGRAFIA Y MATERIAL DE REFERENCIA

1. Baker, C. H., y W. F. Grether, *Visual Presentation of Information*, WACD Tech. Rpt. 54-160. Wright Patterson Air Force Base, Ohio: Wright Air Development Center, 1954.
2. Bennett, E. M., J. Degan y J. Spiegel, *Humen Factors in Technology*. Nueva York: Mc-Graw-Hill. 1963.
3. Chapanis, A., Garner y C. T. Morgan, *Applied Experimental Psychology: Human Factors in Engineering Design*. Nueva York, 1949.
4. Committee on Undersea Warfare, *Human Factors in Undersea Warfare*. Washington, D. C.: National Research Council, 1949.
5. Damon, A., H. W. Stoudt y R. A. McFarland, *The Human Body in Equipment Design*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1966.
6. De Fries, M. G., *Sizing of Cosmetic Hands to Fit the Child and Adult Amputee Population*. Tech. Rpt. 5441. Washington, D. C.: Walter Reed Army Medical Center, 1954.
7. Dreyfuss, H., *Designing for People*. Nueva York: Simon & Schuster, 1955.
8. —, *The Measure of Man*. Nueva York: The Whitney Library of Design, 1967.
9. Ely, J. E., R. M. Thomson y J. Orlansky, «Design of Controls», Capitulo VI de *Joint Services Human Engineering Guide to Equipment Design*. WADC Tech. Rpt. 56-171. Wright Patterson Air Force Base, Ohio: Wright Air Development Center, 1956.
10. —, «Layout of Work Places», Capitulo V, *Ibid.*, WADC Tech. Rpt. 56-171.
11. Eckenrode, R. T., *The Response of Man to His Environment*. Stanford, Conn.: Dunlap & Associates, 1958.
12. Floyd, W. F., y Roberts, *Anatomical, Physiological, and Anthropometric Principles in the Design of Office Chairs and Tables*, BS 3044. Londres: British Standards Institute, 1958.
13. Floyd, W. F. y A. T. Welford, «Symposium on Human Factors in Equipment Design», *Ergonomics Research Soc. Proc.* **2.** Londres: H. K. Lewis, 1954.

14. *Human Body Size and Capabilities in the Design and Operation of Vehicular Equipment*. Boston: Harvard School of Public Health, 1953.

15. *Human Conditioning in the Factory*. Cambridge: Harvard Graduate School of Business Administration, Estudiantes de 2.º año, 1953.

16. *Human Factors Engineering Design Criteria for Nike-X System Development*. U.S. Army Material Command, 1963.

17. *Human Factors in the Design of Highway Transport Equipment*. Boston: Harvard School of Public Health, 1953.

18. Javitz, A. E., *Human Engineering in Equipment Design*, «Electrical Manufacturing», Reimpresión combinada. Nueva York: Gage, 1952, 1954, 1955, 1956.

19. Luckiesh, M., *Visual Illusions*. Nueva York: Dover, 1965.

20. Martin, E. W., *Basic Body Measurements of School Age Children*. Washington, D. C.: U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, 1953.

21. McCormick, E. J., *Human Engineering*. Nueva York: McGraw-Hill, 1957.

22. —, *Human Factors Engineering*, 2.ª ed. Nueva York: McGraw-Hill, 1964.

23. McFarland, R. A., *Human Factors in Air Transportation: Occupational Health and Safety*. Nueva York: McGraw-Hill, 1953.

24. — *The Application of Human Body Size Data to Vehicular Design*, SP- 142. Nueva York: Society of Automotive Engineers, 1955.

25. Morgan, C. T., H. S. Cook, A. Chapanis y M. W. Lund, *Human Engineering Guide to Equipment Design*. Nueva York: McGraw-Hill, 1963.

26. Panero, J., y N. Repetto, *Anatomy for Interior Designers*, 3.ª ed. Nueva York: Whitney Library of Design, 1962.

27. Woodson, W. E., y D. W. Conover, *Human Engineering Guide*, 2.ª ed. Los Angeles: University of California Press, 1964.

28. Woodson, W. E., *Human Engineering Guide for Equipment Designers*. Berkeley, Calif: University of California Press, 1954.



14
ANALISIS DE DATOS DE DISEÑO

14-1 GENERALIDADES

Antes de que un diseño pueda ser aprobado, debe someterse a un análisis cuidadoso. Con este fin se evalúan e interpretan los datos obtenidos en diversas formas. Estos datos, en la mayoría de los casos, se presentan mediante cifras tabuladas y cuya interpretación es generalmente un procedimiento difícil y tedioso. Para evitar esto y garantizar que cada uno de los miembros del equipo de diseño comprenda todos los aspectos del proyecto (figura 14-1), se acostumbra representar los datos numéricos en una forma conveniente y de interpretación inmediata.

La información del diseño se puede presentar en diversas formas; las fundamentales son: (1) gráficas; (2) ecuaciones empíricas; (3) mecanismos; (4) cálculo gráfico y (5) nomogramas. En el resto del capítulo se discutirá cada una de estas formas de análisis para determinar cuándo es posible simplificar la presentación de datos en forma gráfica, dado que una imagen gráfica de cifras tabuladas se presta para revisar gran cantidad de información con una sola mirada. La mayoría de los



Fig. 14-1. Un equipo industrial discute aspectos de diseño de un motor de juguete. Antes de aprobar su producción en serie se deben estudiar detalladamente todos los aspectos de su diseño y análisis.

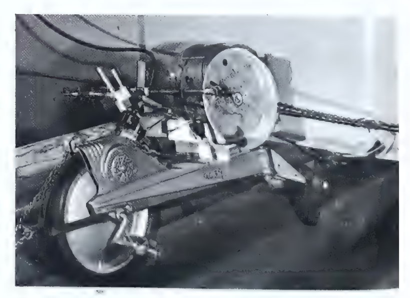


Fig. 14-2. La mayoría de los productos se prueban exhaustivamente con el fin de obtener datos que permitan analizar su diseño; estos ensayos también son importantes para un eficiente control de calidad. (Cortesía, con la figura anterior, de Mattel, Inc.)

datos obtenidos de experimentos de laboratorio o relaciones físicas puede expresarse en forma de ecuaciones matemáticas. Este procedimiento es conveniente por cuanto puede evidenciar relaciones matemáticas que podrían pasarse por alto estudiando solamente los datos en bruto. Existen técnicas gráficas que pueden utilizarse convenientemente en la deducción de la forma de la ecuación, cuando existe, de los datos empíricos. Los mecanismos se pueden analizar en cuanto a movimiento, operación, tolerancias e interferencias, por medio de procedimientos matemáticos y analíticos (fig. 14-2). Algunos problemas de cálculo se pueden resolver gráficamente dentro de ciertos límites de aproximación. De esta manera, el diseñador encuentra a su alcance una gran variedad de métodos gráficos que complementan los métodos analíticos para el estudio de un diseño.



Fig. 14-3. Un prototipo de bocina telefónica se ensaya con un equipo de sonido especial, con el objeto de determinar la calidad de la transmisión. (Cortesía de Bell Telephone Laboratories.)

14-2 INTRODUCCION A LOS GRAFICOS

Cualquier diseño puede evaluarse, hasta cierto punto, mediante la revisión de la información pertinente. Esta información puede estar catalogada en diferentes categorías, algunas de las cuales son: (1) datos sobre el terreno; (2) datos de mercado; (3) datos de comportamiento del diseño y (4) datos comparativos.

Los datos obtenidos sobre el terreno pueden afectar el diseño directa o indirectamente. El ingeniero de tránsito debe conseguir información pertinente al flujo de vehículos, hábitos de conducción, volumen de tránsito en horas punta y velocidades de tránsito, antes de emprender el diseño de un nuevo sistema de tránsito en un lugar determinado. Generalmente, se efectúan observaciones y cuentas en el lugar, durante períodos representativos. También es aconsejable recopilar datos acerca de sistemas satisfactorios en uso con el fin de comprobar si son tan funcionales como parecen. Frecuentemente, estos datos se pueden obtener en agencias existentes. Por ejemplo, las temperaturas promedio y otras cifras meteorológicas son registros diponibles en las oficinas locales de meteorología.

Los datos de mercado se evalúan con el fin de determinar la posible aceptación de un proyecto de ingeniería, bien sea que se trate de un avión supersónico o de un artefacto de uso doméstico. Estos datos sirven para orientar las decisiones competentes al mercado del producto. Es necesario obtener información referente a los probables consumidores del diseño en cuanto respecta a número, necesidades, salario promedio, etc. La información acerca de los competidores también es de importancia considerable. Ninguna compañía estaría dispuesta a producir un artículo de uso general demasiado caro para el consumidor promedio; análogamente, sería un error de planeación invertir fondos de ingeniería en un proyecto que no presta servicio a un número suficiente de personas. Las oficinas gubernamentales de estadística suministran datos relacionados con áreas de concentración de población y recursos económicos. Todos estos datos, sin embargo, no dicen nada, a menos que se presenten en forma tal que aclare las situaciones y tendencias existentes.

El comportamiento del diseño final debe estudiarse para determinar su eficiencia. Generalmente, se construye un prototipo con el propósito específico de ensayar la operación del diseño antes de decidir su producción definitiva (fig. 14-3). La mayoría de los pro-

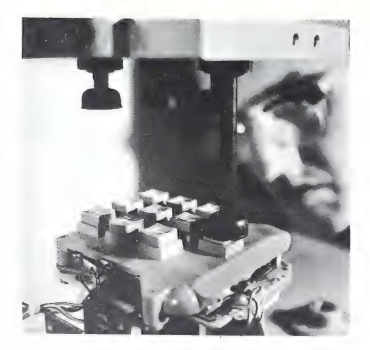


Fig. 14-4. Este probador de marcadores de tono se emplea para ensayar la efectividad operacional de una unidad telefónica. (Cortesía de Bell Telephone Laboratories.)

ductos se somete a evaluación continua por medio del proceso de control de calidad, que puede sugerir modificaciones que eliminen defectos en el diseño básico. Los ensayos detallados tienen por objeto obtener datos que sirvan como base de desarrollo subsecuente y las fallas que se presenten en los elementos componentes, bajo las condiciones impuestas, indican las modificaciones necesarias para mejorar el diseño existente (fig. 14-4). Las condiciones extremas a que un diseño pueda estar sometido deben simularse antes de que ocurran, ya que puede ser imposible ensayar un producto en condiciones reales sin asumir considerables riesgos personales o económicos. El programa espacial presenta muchos ejemplos de esta situación, dado que antes de cada vuelo se deben efectuar numerosas pruebas simuladas y se deben obtener suficientes datos que permitan una evaluación cabal de las limitaciones bajo las cuales se emprende la exploración espacial. La organización de estos datos en forma gráfica incrementa la eficiencia de su evaluación y análisis.

Los datos comparativos se emplean para establecer relaciones entre dos o más variables y así aumentar la probabilidad de efectuar la decisión correcta. Por ejemplo, si se desea escoger una de dos máquinas para producir el mismo producto, se comparan sus gastos de operación y su producción relativa, así como sus probables períodos de vida útil y sus costos estimados de mantenimiento. En aplicaciones más específicas se compararían, por ejemplo, las ventajas de varios materiales o las eficiencias de varios combustibles.

14-3 TIPOS DE GRAFICAS

La naturaleza de las gráficas que se van a presentar, determina el tipo de gráfica que ofrece la imagen más clara de la información. Los tipos de gráficas estudiadas en este capítulo son aquellos empleados en el análisis de datos y que son de algún valor en el proceso decisorio de un diseño. Aunque las gráficas de por sí no toman decisiones ni resuelven problemas, le dan al diseñador una imagen de la información que respalda el proyecto y de esta manera le ayudan a familiarizarse con todos los aspectos del problema.

Los tipos básicos de gráficas son:

1) lineales (pueden ser de cuadriculado rectangular, logarítmico o semilogarítmico),
2) gráficas de barras,
3) gráficas de sectores circulares,
4) gráficas polares,
5) esquemas y diagramas,
6) gráficas de cálculo y nomogramas.

14-4 GRAFICAS LINEALES—CUADRICULADO RECTANGULAR

La gráfica lineal es una de las formas más comúnmente empleadas para presentar información tanto al público en general como a grupos de personal técnico. Las gráficas de este tipo pueden dibujarse totalmente, incluyendo el reticulado, o pueden graficarse únicamente los datos en papel especial elaborado comercialmente. La fig. 14-5 muestra una gráfica de este tipo; las partes importantes han sido marcadas convenientemente. Las gráficas deben elaborarse con el mismo cuidado y precisión que se dedica a las demás etapas del diseño. En la sección siguiente se discuten los pasos necesarios para elaborar una gráfica.

marque las escalas de ordenadas

título

indique los puntos graficados

use colores para resaltar

GRADOS DE INGENIERIA OTORGADOS
DURANTE EL PERIODO 1950-1966

GRADOS (EN MILLARES)

60 50 40 30 20 10 0

PREGRADO

PROYECCIONES

use diferentes tipos de líneas
para diferentes tipos de datos

POSTGRADO

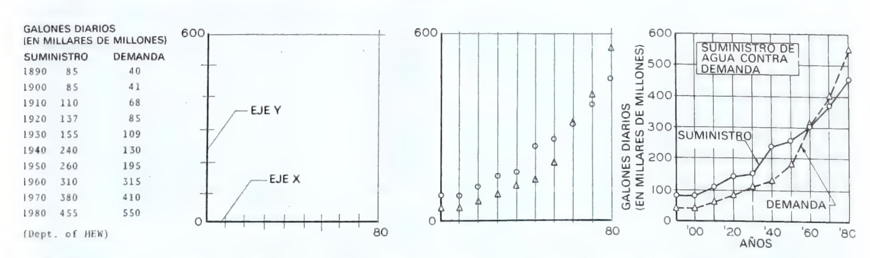
50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70

AÑOS

marque las escalas de abscisas

Fig. 14-5. Disposición normal de una gráfica rectangular.

Fig. 14-6. CONSTRUCCION DE UNA GRAFICA DE SEGMENTOS RECTOS



GALONES DIARIOS
(EN MILLARES DE MILLONES)

	SUMINISTRO	DEMANDA
1890	85	40
1900	85	41
1910	110	68
1920	137	85
1930	155	109
1940	240	130
1950	260	195
1960	310	315
1970	380	410
1980	455	550

(Dept. of HEW)

Dado: Se tiene el registro de demanda y suministro de agua desde 1890 y se desea determinar las relaciones futuras que pueden presentarse.

Paso 1: Se dibujan los ejes verticales, de modo que aseguren espacio adecuado para los años y para los valores mayores.

Paso 2: Se dibujan los puntos directamente sobre los años correspondientes.

Paso 3: Se unen los puntos mediante líneas rectas; se marcan los ejes, se rotula la gráfica y se completan las líneas.

14-5 DIBUJO DE UNA GRAFICA LINEAL

En la fig. 14-6 se ha dibujado una gráfica semejante a la que aparece en la fig. 14-5 para ilustrar los pasos de la construcción, así como también los elementos de importancia de una gráfica rectilínea. Los datos para esta gráfica aparecen tabulados en la primera parte de la gráfica.

A. Selección de la cuadrícula apropiada. Se puede trazar una gráfica en papel reticulado comercial o el reticulado se puede trazar de manera que se adapte a las necesidades específicas de una gráfica determinada. Si la gráfica va a ser publicada o hace parte de un informe que va a tener amplia difusión, debe dibujarse enteramente en tinta para garantizar buenas copias.

Con el fin de facilitar el análisis, se deben mostrar únicamente las divisiones indispensables de la gráfica. Las escalas asignadas al eje horizontal (abscisas o ejes de las *X*) y al vertical (ordenadas o ejes de las *Y*) deben ser elegidas cuidadosamente por el diseñador; la magnitud de las escalas puede exagerar o minimizar las fluctuaciones.

B. Localización de datos. Los datos deben indicarse en la gráfica con símbolos tales como círculos, triángulos, rectángulos o cruces que representen los valores reales empleados. Para garantizar la uniformidad, estos símbolos deben dibujarse con una plantilla.

C. Trazado de la curva. Los datos que se presentan en una gráfica líneal pueden ser de dos formas: *discretos* o *continuos*. Los puntos que representan los datos discretos se unen por medio de segmentos rectos; la curva resultante ofrece, en consecuencia, la apariencia de una línea quebrada. Los datos que aparecen en la fig. 14-5 son discretos porque no existe una velocidad uniforme de cambio entre los valores de los datos para cada año entre los puntos graficados; es decir, no sabemos cómo se modificó la oferta y la demanda dentro de cada período de diez años. Por consiguiente, los puntos se conectan con líneas rectas. Los puntos que señalan los datos discretos de la fig. 14-6 también se unieron con líneas rectas, puesto que no se pudo suponer una velocidad uniforme de cambio entre ellos. Por ejemplo, no se puede hacer ninguna conjetura respecto al número de grados otorgados en ninguna fecha intermedia entre 1953 y 1954; los datos suministrados solamente se refieren al final de cada año.

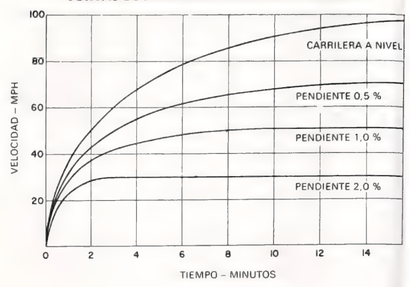


Fig. 14-7. Gráfica rectangular de datos continuos (unidos por líneas continuas). Tomado de la revista *General Motors Engineering Journal*, 3, núm. 4 (1956), pág. 15.

Los puntos que representan los datos continuos, por el contrario, se unen mediante una curva suave. Las curvas de la fig. 14-7 representan datos continuos porque se sobreentiende que hay un número infinito de velocidades entre 30 y 31 kilómetros por hora; por ejemplo, 30,01 kph; 30,02 kph; 30,03 kph, etc. Para obtener una velocidad de 30 kph, debe pasarse sucesivamente por cada una de las velocidades intermedias entre 0 y 30 kph.

Bien sea que se trate de una línea quebrada o de una curva continua, la línea no debe atravesar los símbolos empleados para representar los datos localizados. Cada símbolo, un circulo. por ejemplo, debe dejarse en blanco y la línea debe detenerse a cada lado del símbolo.

D. Rotulación de los ejes. El uso general recomienda dibujar la variable independiente sobre el eje de las abscisas y la variable dependiente sobre el eje de las ordenadas. La evalua-

ción de la variable es más exacta si su punto inicial es cero; es decir, a partir del punto donde se cortan los ejes en el origen de las coordenadas.

Solamente se deben rotular o marcar las divisiones más importantes de la gráfica. Se deben escoger los valores que se van a rotular de tal manera que se facilite la interpolación. Números tales como 2, 4, 6, etc., ó 0, 5, 10, etc., facilitan la rotulación y la interpolación. Además, cada eje debe estar rotulado en términos generales muy claros, de manera que sus unidades queden muy especificadas. En la fig. 14-6, los ejes se han rotulado, «Galones diarios (en millares de millones)» y «Años».

E. Título. Toda gráfica debe tener un título (o encabezamiento) que la identifique fácilmente y dé una idea clara de su contenido. Con frecuencia, los datos se revisan tiempo después de su representación gráfica; es, por tanto, necesario que ésta tenga un título suficientemente claro.

Generalmente, el título se coloca dentro de la cuadrídula, con el propósito de economizar espacio y de dar una apariencia agradable. Cuando se coloca dentro de la cuadrícula, el título debe enmarcarse, tal como se ilustra en la fig. 14-6. Cuando el espacio no lo permite, el título debe colocarse arriba o abajo, de tal manera que se destaque.

14-6 APLICACIONES DE LAS GRAFICAS LINEALES CON CUADRICULA RECTANGULAR

Gráficas generales. En la fig. 14-8 se compara el número de millas de autopista construida en California y el número de vidas preservadas como resultado de esa construcción. Nótese que esta gráfica tiene escalas diferentes para las ordenadas en cada una de las unidades: distancia en millas y número de vidas preservadas. Aunque las unidades son diferentes, es posible comparar la relación entre los dos factores. Se puede observar que existe aproximadamente una relación directa entre el número de millas de autopista y el número de vidas preservadas, lo que respalda la efectividad de las autopistas. Estos datos se representan por medio de líneas quebradas, ya que las autopistas se dan al servicio por secciones y no en forma continua.

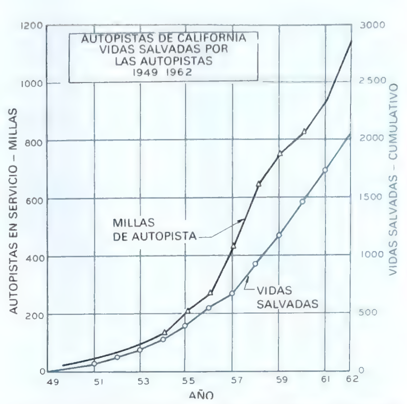


Fig. 14-8. Gráfico rectangular de escalas compuestas empleadas para comparar datos discretos. (Cortesia de California Highway Department.)

La gráfica de la fig. 14-9 es un ejemplo de la presentación de datos continuos; el porcentaje de la resistencia a la compresión y

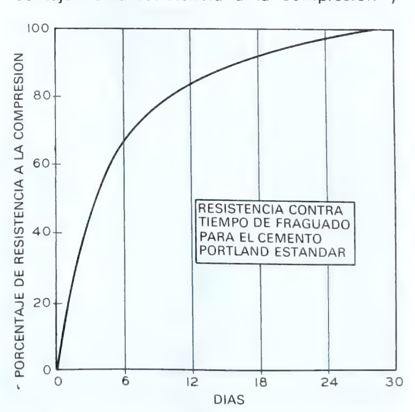


Fig. 14-9. Cuando el proceso que se grafica implica cambios graduales y continuos de las relaciones, se debe dibujar una curva suave y continua.



Fig. 14-10. Gráfica rectangular empleada para analizar datos que afectan el diseño del sistema de potencia de un automóvil. (Cortesia de General Motors Corporation.)

el número de días del fraguado del cemento portland. Este es un proceso gradual y continuo; por consiguiente, los datos son continuos y los puntos se unen por medio de una curva suave.

El diseño del sistema de potencia de un automóvil se puede analizar fácilmente mediante la observación de la fig. 14-10. En esta gráfica se comparan cuatro tipos de datos para determinar la potencia disponible a diferentes velocidades. La confrontación entre la potencia *disponible* en las ruedas traseras y la potencia *requerida* en las mismas ruedas es la información crítica a la cual hay que dedicar primera atención, puesto que este factor determina el desempeño del vehículo. La velocidad óptima está entre 50 y 65 mph, que es la velocidad promedio de conducción. A esta velocidad, el conductor dispone de una reserva de potencia para acelerar rápidamente y para maniobrar con seguridad en caso de emergencia. Este margen de potencia disminuye rápidamente a velocidades superiores a las 80 mph y es de casi cero por encima de las 110 mph, cuando el único cambio posible de la velocidad es la desaceleración, en caso de emergencia.

Línea de mejor ajuste. Algunos puntos que representan los datos en una gráfica pueden tener errores de construcción debidos a los instrumentos empleados en su recolección o a métodos defectuosos. Cuando se sabe que los datos deben producir una relación suave y continua, se dibuja la curva conocida con el nombre de *línea de mejor ajuste*. Esta curva no puede pasar por cada uno de los puntos representados; por el contrario, representa una aproximación de los datos, como si no existiera ningún error.

Los datos representados en la fig. 14-11 son datos experimentales obtenidos en pruebas con dos motores de automóvil. Los dos motores se han comparado en rendimiento de millas por galón de gasolina. Para obtener una curva suave fue necesario dibujar la curva por los puntos en algunos casos y cerca de los puntos en otros casos. La resistencia a la compresión de la teja de barro está relacionada con sus

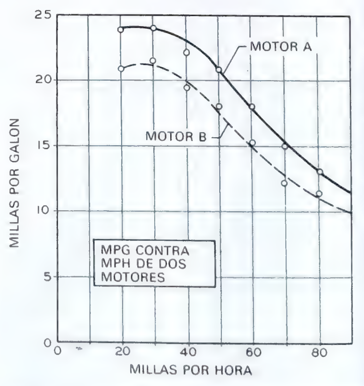


Fig. 14-11. Estas son curvas de «mejor ajuste» porque aproximan los datos sin pasar necesariamente por cada punto.

características absorbentes, como se ilustra en la fig. 14-12. La curva de esta gráfica no pasa por los puntos, sino que representa la tendencia promedio señalada por los datos dispersos.

Gráfica de igualdad. Las gráficas lineales son muy útiles en el análisis de mercadeo y costos de manufactura que se encuentran comprendidos en el desarrollo de un producto. En la fig. 14-13 se ilustra la construcción por pasos de una de estas gráficas. El eje de las ordenadas representa miles de pesos y el eje de las abscisas unidades en miles del producto que se va a fabricar. Una vez que el costo de desarrollo, diseño y planeación ha sido calculado (en este caso, $ 20.000), se puede graficar. El fabricante calcula que puede producir cada unidad del producto a razón de $ 1,50 la unidad, en el caso de producir 10.000 unidades. Por consiguiente, en el paso 1, se adiciona la cantidad de 15.000 a 20.000 en el punto de división de las 10.000 unidades. Si el fabricante desea equilibrar costos, debe vender cada unidad a $ 3,50. Se grafica el punto de igualdad y se une este punto con el de origen mediante una línea recta. Esta línea se prolonga más allá del punto de igualdad hasta el borde de la cuadrícula y se rotula «Ingreso bruto». En el paso 3 se grafican las pérdidas o ganancias del fabricante. Si no se produce ninguna unidad del producto, el costo será solamente el costo

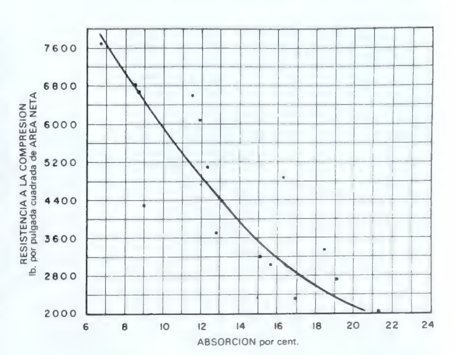


Fig. 14-12. Ejemplo de una curva aproximada que representa los datos con puntos dispersos. (Cortesía de Structural Clay Products Institute.)

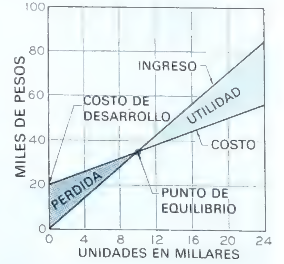
FIG. 14-13. GRAFICAS LINEALES



Paso 1: Esta gráfica se ha dibujado para ilustrar el costo ($20.000 en este caso) del desarrollo de un producto. Se ha determinado el costo de manufactura de cada unidad, $1,50, si la cantidad total de unidades producidas es de 10.000. La inversión total es de $35.000 para las 10.000 unidades.



Paso 2: Para que el fabricante saque costos, debe vender cada unidad a $3,50. Trácese una línea desde el punto cero por el punto de igualdad para $35.000.



Paso 3: La pérdida del fabricante es de $20.000 en cero unidades y disminuye progresivamente hasta alcanzar el punto de equilibrio. La ganancia es la diferencia entre el costo y el ingreso, como aparece a la derecha del punto de igualdad.

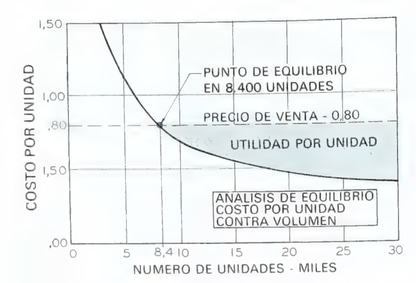


Fig. 14-14. Se puede obtener el punto de equilibrio en una gráfica que ilustre la relación entre el costo por unidad, que incluye el costo de desarrollo y el número de unidades producidas. El precio de venta es estable. Se alcanza el punto de equilibrio cuando se hayan vendido 8.400 unidades a $0,80 cada una.

de desarrollo, es decir 20.000. En el punto de igualdad, por definición, el costo será igual al ingreso bruto. Por consiguiente, la línea que une el punto de los 20.000 sobre el eje de las ordenadas con el punto de igualdad representará los costos para el fabricante a medida que la producción aumenta desde 0 hasta 10.000 unidades. Esta línea de costo debe extenderse hasta el lado opuesto de la cuadrícula. Las distancias entre la línea de ingreso y las de costo representan las pérdidas o ganancias del fabricante.

El segundo tipo de gráficas de igualdad (fig. 14-14) emplea el costo de manufactura por unidad contra el número de unidades producidas. El fabricante determinará entonces cuántas unidades debe vender para igualar a un determinado precio o calcular el precio por unidad en el caso de que parta de una cantidad determinada. En este ejemplo, al precio de 0,80 por unidad es necesario vender 8400 unidades para llegar al punto de igualdad.

14-7 GRAFICAS LOGARITMICAS

La gráfica logarítmica es del tipo de cuadrícula rectangular, en la cual las escalas están graduadas en divisiones logarítmicas tanto en las ordenadas como en las abscisas. Se dispone de papel con reticulado logarítmico, elaborado comercialmente en una variedad de formas y ciclos que satisface las necesidades ordinarias. Estas gráficas encuentran aplicaciones específicas en el análisis de datos empíricos (refiérase a la sección 14-13).

Los datos cuya magnitud varía considerablemente pueden representarse mediante gráficas logarítmicas en un espacio menor del requerido si se emplea el cuadriculado rectangular uniforme. Nótese que no existe una gráfica de este tipo, la división de valor cero, tal como sucede en las escalas de una regla de cálculo. Cada ciclo se incrementa en un factor de diez; por ejemplo, en la fig. 14-15, las ordenadas empiezan en 0,1 y terminan en 1,0 en el primer ciclo; el segundo ciclo va de 1,0 a 10 y el tercero de 10 a 100. La escala de las

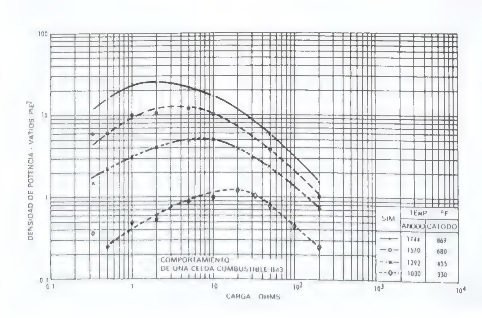
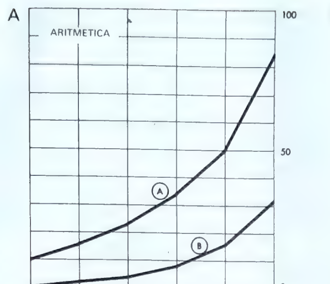


Fig. 14-15. Comportamiento de una celda combustible Bil. graficado en papel logarítmico. (Cortesía de Aero Jet General Corporation.)



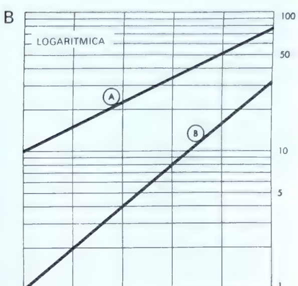


Fig. 14-16. Comparación de datos graficados en escalas aritméticas y semilogarítmicas.

abscisas contiene cinco ciclos. Las curvas dibujadas en esta gráfica representan datos experimentales de variables incontrolables; por consiguiente, los puntos localizados únicamente sugieren la forma de la curva; es decir, no son puntos absolutos a través de los cuales deba dibujarse la curva. La curva representa el promedio de los puntos, por tanto los puntos están igualmente espaciados a un lado y otro de la curva.

14-8 GRAFICAS SEMILOGARITMICAS

Las gráficas semilogarítmicas se denominan también gráficas de variación dado que una escala, generalmente la vertical, es logarítmica mientras que la otra es aritmética (gradualmente, en divisiones iguales). Mientras que una gráfica aritmética da una imagen absoluta de la magnitud de las fluctuaciones, la semilogarítmica presenta las velocidades de variación relativas. La fig. 14-16 muestra estos dos tipos de gráficas para los mismos datos. En la gráfica aritmética se pueden calcular las velocidades de variación con respecto a un punto común, pero no de un punto a otro como en el caso de la gráfica semilogarítmica. En la fig. 14-16A se puede observar que la curva *A* aparentemente aumenta más rápidamente que la curva *B;* sin embargo, las velocidades de variación sólo se pueden comparar en la parte *B* de la figura. La curva *A* aumenta en un 50 % por cada incremento sencillo de las abscisas o en un 125 % por cada doble incremento. La curva *B* aumenta en un 100 % por cada incremento sencillo de las abscisas o un 300 % por cada doble incremento.

En la fig. 14-17 se puede observar la relación entre la escala aritmética convencional de las gráficas rectilíneas y la escala logarítmica empleada en las gráficas semilogarítmicas. Nótese que, en la escala aritmética, segmentos iguales separan números cuya razón es diferente en cada caso y que, en la escala logarítmica,

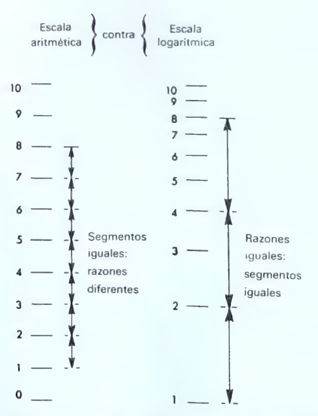


Fig. 14-17. Relaciones entre las escalas aritmética y logarítmica. (Cortesía, con la figura anterior, de USASI; Y15.2-1960.)

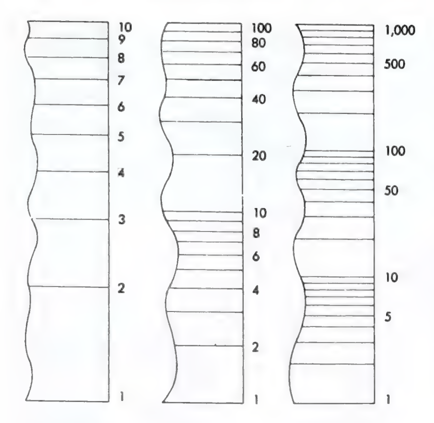


Fig. 14-18. Escalas logarítmicas de uno, dos y tres ciclos. Aunque se pueden emplear escalas de cualquier número de ciclos, generalmente, tres son suficientes.

números cuya razón es igual están separados por segmentos de igual longitud. En el comercio se encuentra papel semilogarítmico en gran variedad de ciclos y su elección depende de la variación de magnitud de los datos que se van a graficar. La fig. 14-18 muestra ejemplos de rayados de uno, dos y tres ciclos. En cada ciclo la magnitud aumenta en un factor de diez.

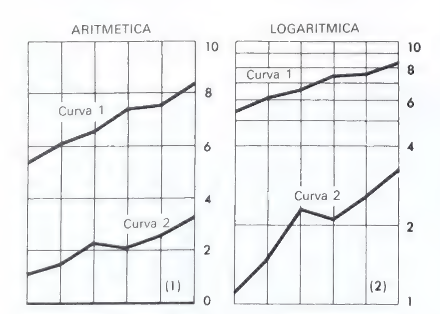


Fig. 14-19. La escala logarítmica presenta una imagen verdadera de la variación relativa de los datos sin tener en cuenta su magnitud absoluta. (Cortesía, con la figura anterior, de USASI; Y 15.2-1960.)

La característica importante en una gráfica semilogarítmica es la pendiente de la curva, ya que representa la velocidad de variación. En la fig. 14-19 se ilustra este principio por medio de gráficas aritméticas y semilogarítmicas de los mismos datos. El incremento relativo de los datos se puede observar en la gráfica semilogarítmica independientemente de la magnitud de los datos; esto no es evidente en la curva aritmética.

Las gráficas semilogarítmicas tienen ciertas ventajas y desventajas fundamentales que merecen consideración durante la elección del tipo de reticulado que mejor representa un caso dado. Las ventajas son:*

1) La gráfica semilogarítmica presenta una imagen que no se puede mostrar con una escala aritmética;
2) transforma los datos absolutos a una forma de comparacióm relativa que no requiere cómputos;
3) muestra las variaciones relativas de un punto cualquiera a los subsiguientes;
4) conserva las mismas unidades de medida de los datos absolutos;
5) pone de manifiesto cualquier tendencia consistente de variación relativa.

Las siguientes desventajas* también deben tenerse en cuenta:

1) las gráficas semilogarítmicas se prestan a malentendidos por parte de muchas personas que, erróneamente, intentan leerlas como gráficas aritméticas;
2) no se pueden utilizar para datos que comprenden valores negativos a cero;
3) no poseen una escala donde se puedan leer directamente los porcentajes de variación;
4) exigen la comparación de pendientes (ángulos de cambio) difíciles de apreciar a simple vista;

Tomado de USASI Time-Series Charts (USASI Y15-2-1960).

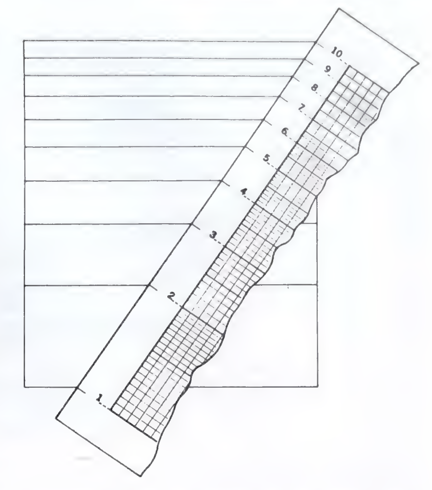


Fig. 14-20. Método gráfico de elaborar una escala logarítmica a partir de una hoja impresa. (Cortesía de USASI; Y 15.2-1960.)

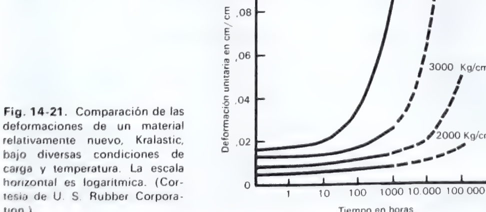
5) un porcentaje de variación de cierta magnitud está representado por ángulos diferentes para decrecimientos y para incrementos.

En la construcción de gráficas semilogarítmicas se aplican los mismos métodos generales empleados en las gráficas aritméticas. Estos principios se pueden repasar en la sección 14-5. Los puntos localizados en la gráfica deben indicarse por medio de círculos u otros símbolos, de tal manera que se distingan como datos reales. Una escala logarítmica se puede acomodar a cualquier espacio disponible, señalando la longitud del ciclo y proyectando las divisiones de una hoja impresa de papel logarítmico (o de una regla de cálculo), tal como se indica en la fig. 14-20. La sección 14-16 comprende el estudio de las gráficas semilogarítmicas en lo que respecta a su empleo en el ajuste de ecuaciones a datos experimentales.

Las figs. 14-21 y 14-22 son ejemplos de gráficas semilogarítmicas. Nótese que la escala logarítmica puede estar bien sea en el eje horizontal o en el vertical, según resulte más conveniente para la presentación de los datos. La experiencia del diseñador y su conocimiento de los datos determinan la construcción y presentación de la gráfica de acuerdo con su aplicación específica.

14-9 DIAGRAMAS DE BARRAS

Los diagramas de barras se usan comúnmente para comparar una gran diversidad de variables, puesto que el público en general puede interpretarlos fácilmente. Las barras pueden ser horizontales o verticales (fig. 14-23). La inter-



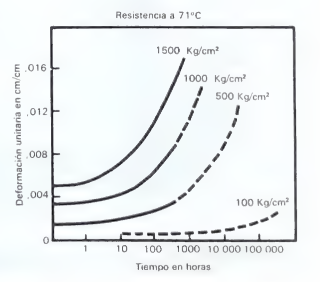


Fig. 14-21. Comparación de las deformaciones de un material relativamente nuevo, Kralastic, bajo diversas condiciones de carga y temperatura. La escala horizontal es logarítmica. (Cortesía de U. S. Rubber Corporation.)

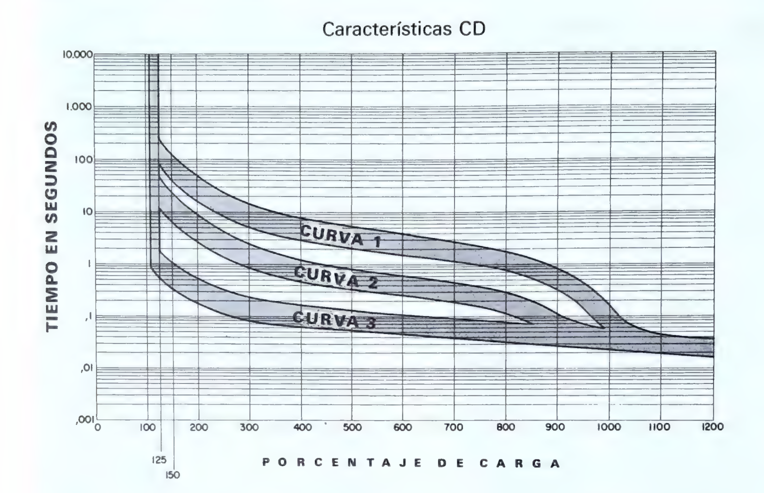


Fig. 14-22. Magnitud y duración de sobrecarga toleradas sin que actúe el interruptor automático. La escala vertical es logarítmica. (Cortesía de Heinemann Electric company.)

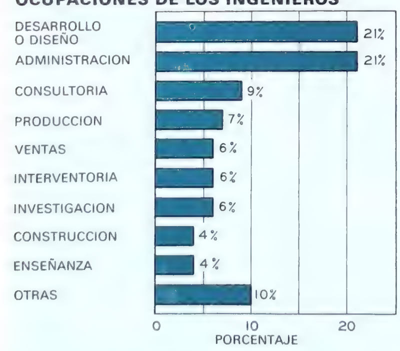


Fig. 14-23. Diagrama de barras que ilustra las diferentes ocupaciones de los ingenieros. (Cortesía del U. S. Department of Labor.)

pretación de estos diagramas se facilita cuando se ordenan cronológicamente en forma ascendente o descendente, según su longitud. Generalmente, las magnitudes representadas por las barras se expresan numéricamente para dar información exacta. La fig. 14-24 es una aplicación de este tipo de diagramas para mostrar el comportamiento de tanques de alta presión construidos en varios tamaños y materiales. Las barras se rayan o sombrean en forma diferente, según el material; una nota explica el significado de cada tipo de rayado. Los espacios entre barras y su anchura no deben ser iguales, pues esto dificulta su distinción.

14-10 DIAGRAMAS CIRCULARES

Los diagramas circulares se emplean para apreciar las relaciones entre las partes de un todo, cuando éstas no son muy numerosas. La figura 14-25 muestra la distribución del personal calificado empleado por una industria. El porcentaje de cada parte dentro del todo, multiplicado por 360°, determina la magnitud del sector. Por ejemplo, 25 % de 360° es 90°, el cual

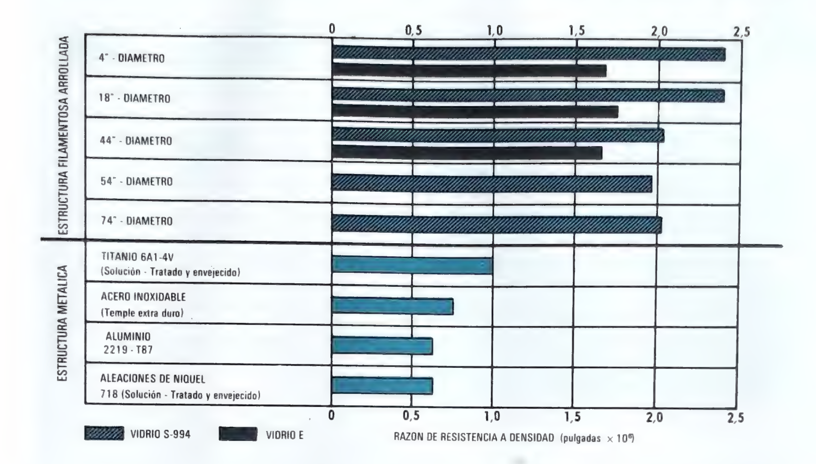


Fig. 14-24. Razón de resistencia a densidad de dos tipos básicos de estructuras, presentada en un diagrama de barras. (Cortesía de Aero Jet General Corporation.)

es el tamaño del sector que representa a los mecánicos de mantenimiento. Debe procurarse colocar horizontalmente los sectores pequeños, con el fin de facilitar la colocación de letreros. En todos los casos se deben dar los porcentajes numéricamente y, según la aplicación de gráfica, las cantidades que ellos representan. Los diagramas circulares se emplean para presentar distribuciones de gastos, inversiones, presupuestos y otros tipos de información de interés general.

14-11 DIAGRAMAS POLARES

Los diagramas polares se componen de una serie de círculos concéntricos en cuyo centro se toma el origen. Se trazan a intervalos angulares regulares líneas radiales (cubriendo los 360°) sobre las cuales se miden cantidades a partir del origen. La fig. 14-26 muestra la relación funcional entre la fuerza coercitiva y el ángulo de rotación de un cristal Placovar. La fuerza máxima aparece, aproximadamente, a 55°, 125°, 235° y 300°. Este tipo de gráfica también se emplea para representar la distribución de iluminación de una lámpara de alum-

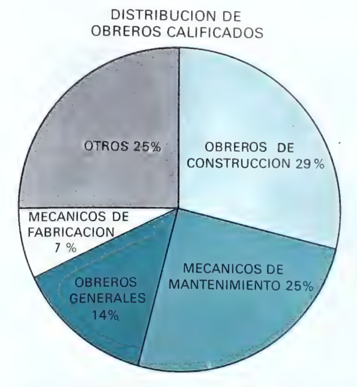


Fig. 14-25. Distribución de obreros calificados, presentada en forma de diagrama circular. (Cortesía del U. S. Department of Labor.)

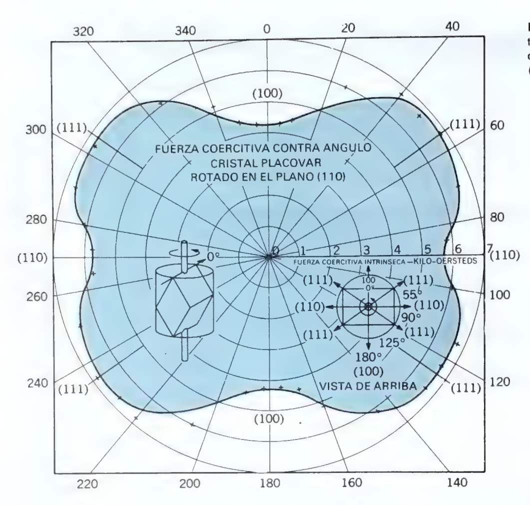


Fig. 14-26. Gráfico polar que representa la magnitud de la fuerza coercitiva intrínseca de un cristal como función de su orientación cristalográfica. (Cortesía de Hamilton Watch Company.)

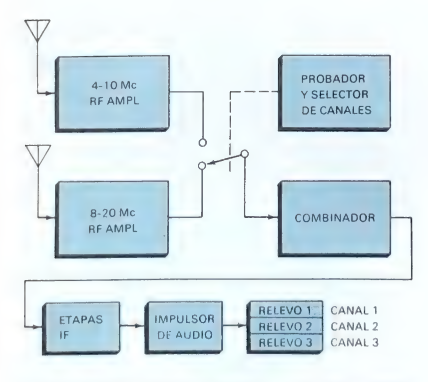


Fig. 14-27. Relaciones entre componentes de un receptor de señales de frecuencia dual, presentadas en forma de diagrama esquemático. (Cortesía de Zenit Radio Corporation.)

brado. En el comercio se dispone de hojas impresas de papel con rayado polar.

14-12 ESQUEMAS

Los diseños y sistemas complejos pueden analizarse con mayor facilidad si se emplean esquemas que representen sus componentes importantes. La fig. 14-27 es un esquema del tipo de diagrama de bloques, conveniente para describir los componentes de un receptor. El diagrama de la fig. 14-28 presenta la distribución de un reactor. Nótese que ninguno de estos diagramas se ha dibujado a escala o en gran detalle; el propósito de su sencillez es el de poner de relieve las interrelaciones entre las componentes del sistema. Las principales secciones de estos sistemas, a su vez, se pueden representar con más detalles mediante esquemas parecidos. Este tipo de diagramas se emplea para ilustrar las etapas de un tren de producción, la organización de personal o cualquier secuencia de componentes o actividades interdependientes.

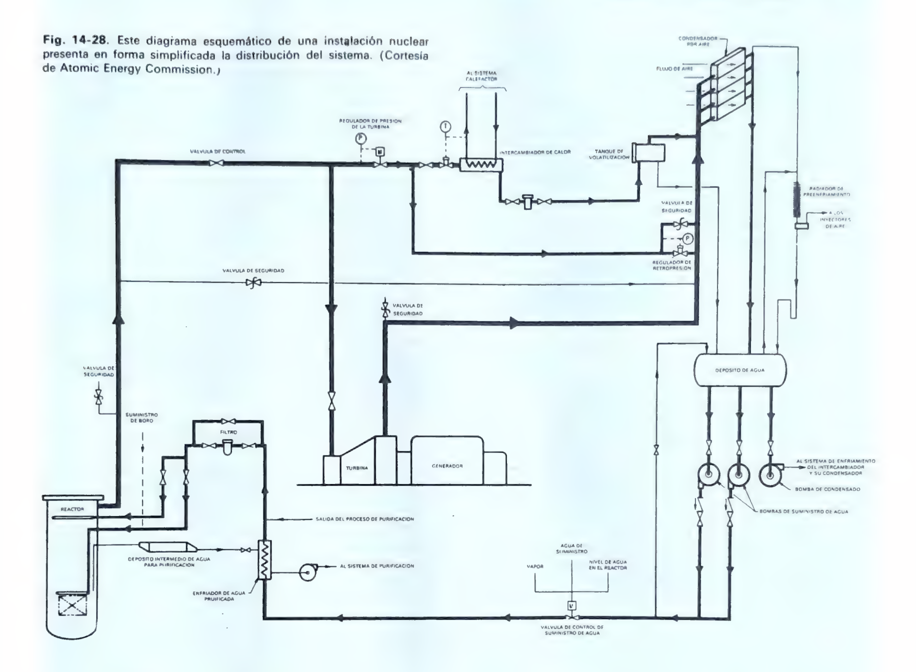


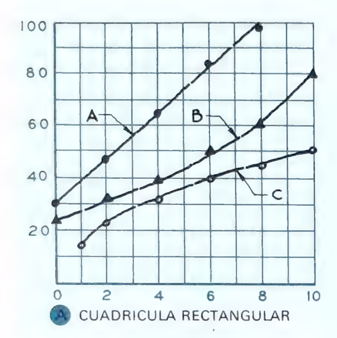
Fig. 14-28. Este diagrama esquemático de una instalación nuclear presenta en forma simplificada la distribución del sistema. (Cortesía de Atomic Energy Commission.)

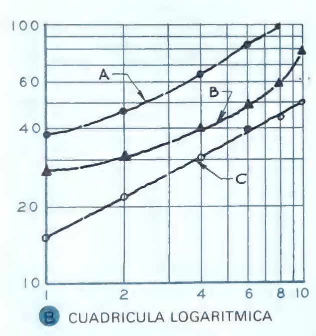
14-13 DATOS EMPIRICOS

Se denominan empíricos todos aquellos datos obtenidos en experimentos de laboratorio y pruebas de prototipos o sobre el terreno. Aunque en algunos casos no se sabe de antemano si existen relaciones científicas, en muchos casos, la naturaleza misma de los datos se presta para la asignación de ecuaciones que permiten evaluar matemáticamente sus características. Los datos empíricos se pueden ajustar a una ecuación, aplicando uno de los tres casos que se estudian en esta sección. El análisis de datos empíricos se inicia graficándolos en papel cuadriculado rectangular, logarítmico y semilogarítmico. Luego se bosquejan curvas que representan estos puntos, con el propósito de determinar en cuál de las gráficas se presenta una relación rectilínea (fig. 14-29). Se espera que aparezca una línea recta para que haya posibilidad de asignar una ecuación a estos datos. Nótese que en la figura se han localizado tres grupos de datos y se han trazado curvas representativas. Cada curva aparece como una línea recta en alguna de las gráficas. Esta curva en forma de línea recta se emplea para determinar la ecuación de datos.

14-14 ECUACIONES LINEALES

El ajuste de una curva a los datos experimentales de la fig. 14-30 resulta en una línea recta; por tanto, se puede considerar que estos datos





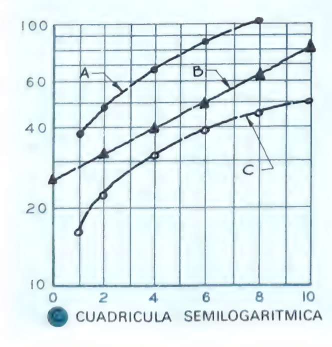


Fig. 14-29. Datos empíricos graficados en tres tipos de cuadrícula con el objeto de examinar cuál de ellas produce una línea recta. Cuando los datos conforman una recta en una de estas gráficas, es posible determinar su ecuación.

son lineales; esto es, las medidas sobre el eje Y son directamente proporcionales a las del eje X. Se aplicará el método de intersección y pendiente para hallar la ecuación de los datos. Se escogen dos puntos sobre la curva y se establece el triángulo de la parte B de la figura, utilizando como lados las diferencias entre las coordenadas de estos dos puntos. En este método, la ecuación tiene la forma $Y = MX + B$, en donde M es la tangente del ángulo entre la curva y la horizontal, B es la intersección de la curva con el eje Y y X e Y son las variables. En este ejemplo, $M = \frac{30}{5} = 6$ y la intersección es 20. Reemplazando esta información en la ecuación, se obtiene $Y = 6X + 20$, con la cual se pueden determinar los valores de Y para cualquier valor de X.

14-15 ECUACIONES MONOMIALES $Y = BX^M$

Puesto que los datos presentados en la cuadrícula uniforme de la fig. 14-31A no conforman una línea recta, no pueden expresarse por medio de una ecuación lineal. Sin embargo, estos mismos datos dibujados en papel logarítmico aparecen en línea recta (fig. 14-31B). Por consiguiente, los datos se pueden expresar en la forma de monomio, en la cual Y es función de una potencia de X; es decir, $Y = BX^M$. La ecuación de los datos se obtiene de la fig. 14-32 mediante un procedimiento análogo al de la ecuación lineal, o sea, tomando B como la intersección de la curva con el eje Y y M igual a la pendiente de la curva. Se escogen dos puntos sobre la curva y con una misma escala decimal, cuando las escalas de los ciclos son iguales en las direcciones X e Y, y se miden las diferencias vertical y horizontal entre las coordenadas de los puntos. En este proceso no se tienen en cuenta las unidades de los ejes coordenados, ya que esto daría un resultado erróneo. Si la distancia horizontal del triángulo rectángulo se traza de longitud 1 ó 10 ó un múltiplo de 10, la lectura

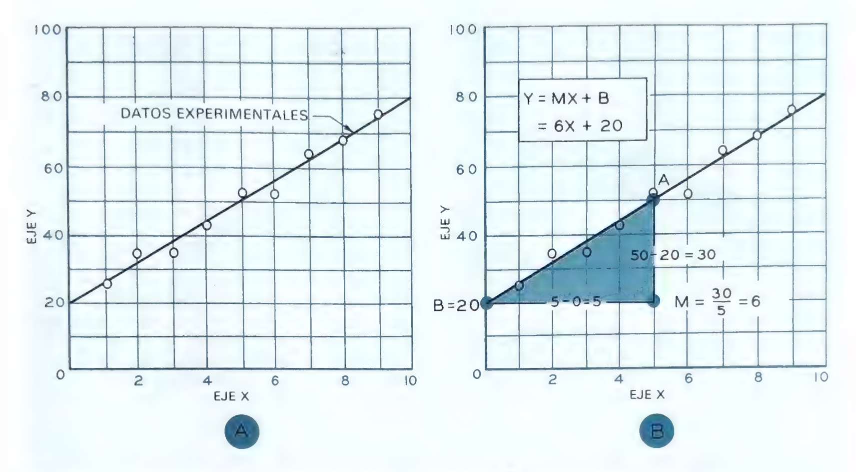


Fig. 14-30. Los datos que conforman una recta en una gráfica de escalas aritméticas poseen una ecuación de forma lineal.

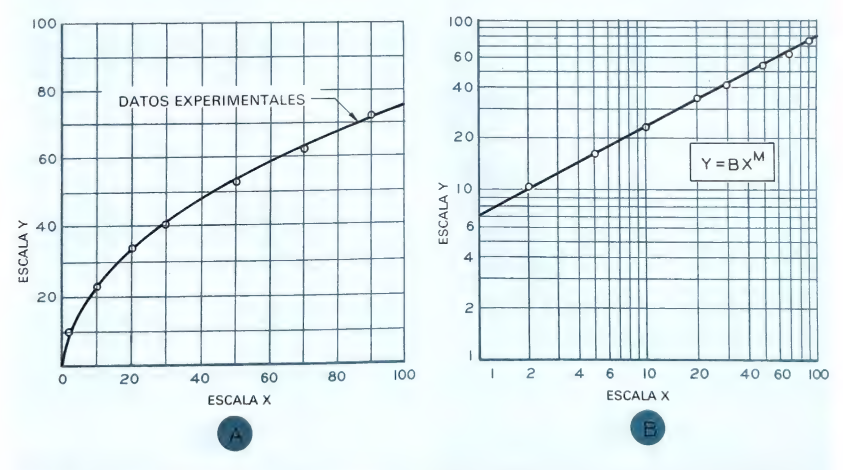


Fig. 14-31. Los datos experimentales que conforman una recta en una gráfica logarítmica tienen una ecuación monómica, $Y = BX^M$

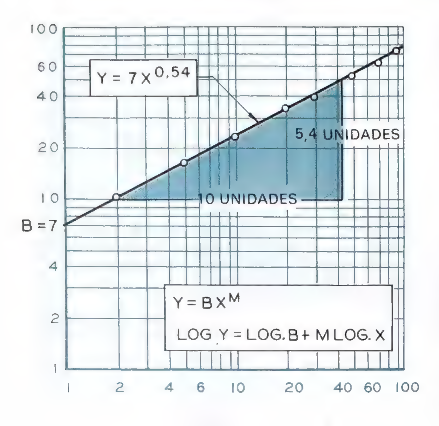


Fig. 14-32. Determinación de la ecuación de una recta en una gráfica logarítmica.

de la distancia vertical produce directamente el valor de M. En la fig. 14-32, la pendiente M (la tangente del triángulo) resulta 0,54 y la intersección $B = 7$; en consecuencia, la ecuación es $Y = 7X^{0,54}$, la cual puede calcularse utilizando su forma logarítmica:

$$\log Y = \log B + M \log X$$

$$\log Y = \log 7 + 0{,}54 \log X$$

14-16 ECUACIONES EXPONENCIALES $Y = BM^X$

Los datos experimentales de la fig. 14-33A conforman una curva, lo que indica que no son lineales. Dibujando estos datos en papel semilogarítmico, como se ha hecho en la parte B de la figura, forman aproximadamente una línea recta, a la cual se puede asignar una ecuación del exponencial $Y = BM^x$, en donde B es la intersección de la curva con el eje Y y M su pendiente. La fig. 14-34 indica el procedimiento empleado para hallar los parámetros de la ecuación. Se escogen dos pun-

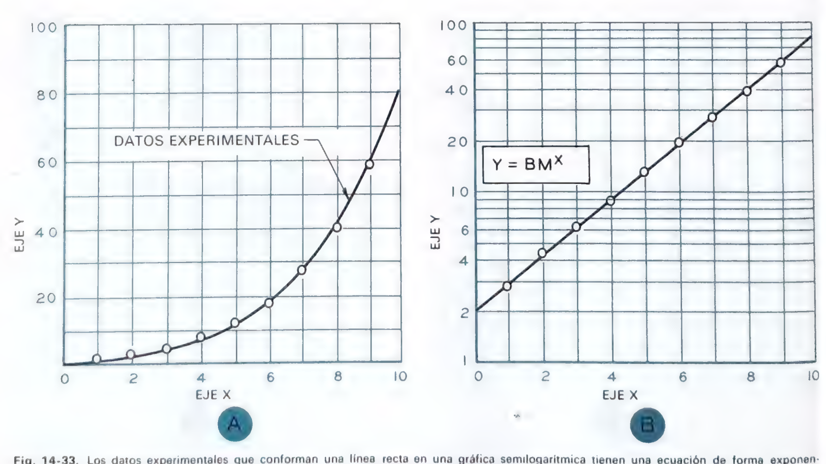


Fig. 14-33. Los datos experimentales que conforman una línea recta en una gráfica semilogarítmica tienen una ecuación de forma exponencial, $Y = BM^X$.

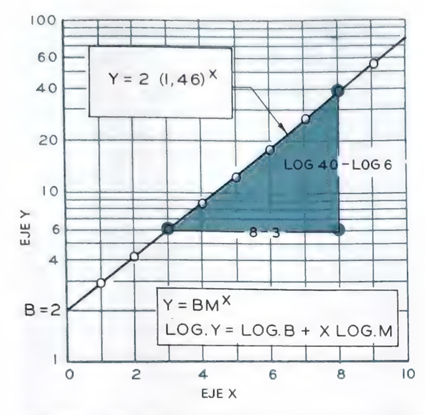


Fig. 14-34. Determinación de la ecuación de una recta en una gráfica semilogarítmica.

tos a lo largo de la curva de tal manera que se pueda dibujar un triángulo rectángulo que represente las diferencias entre las coordenadas de estos puntos. La pendiente de la curva se calcula,

$$\log M = \frac{\log 40 - \log 6}{8 - 3} = 0{,}1648 = (10)^{0{,}1648}$$

de donde $M = 1{,}46$.

Los valores de M y B se sustituyen en la ecuación como sigue:

$$Y = BM \qquad ó \qquad Y = 2\ (1{,}46)^X,$$

en donde X es la variable independiente que, sustituida en la ecuación produce el valor correspondiente de Y. El cálculo de la variable Y se facilita empleando la forma logarítmica de la ecuación, o sea

$$\log Y = \log B + X \log M$$

o para este caso,

$$\log Y = \log 2 + X \log (1{,}46).$$

14-17 SELECCION DE PUNTOS SOBRE UNA CURVA

Ya hemos mencionado dos métodos para hallar la ecuación de una curva: (1) el método de los puntos seleccionados y (2) el método de la intersección de la pendiente. En la figura 14-35 se comparan estos dos métodos en una gráfica semilogarítmica.

Método de los puntos seleccionados. En una curva se pueden seleccionar dos puntos que estén bastante separados entre sí, tales como (2,30) y (4,50). Estos puntos se pueden substituir en la ecuación siguiente:

$$\frac{\log Y - \log 30}{X - 2} = \frac{\log 50 - \log 30}{4 - 2}$$

Nótese que los valores en la dirección de Y son logaritmos y deben ser tratados como tales. A partir de estos datos, la ecuación resultante es:

$$Y = 18(10)^{0{,}1109X}$$

Método de la intersección de la pendiente. Para poder aplicar este método es necesario conocer la intersección en el eje de las ordenadas en el punto donde $X = 0$. Si el eje de las abscisas es logarítmico, entonces el logaritmo de $X = 1$ es 0 y la intersección estará por encima del valor $X = 1$.

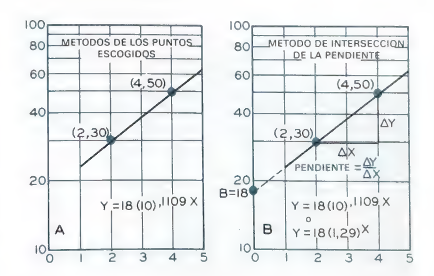


Fig. 14-35. Se puede determinar una recta en una cuadrícula seleccionando dos puntos cualesquiera sobre una línea (parte A). El método de intersección de la pendiente requiere que la intersección se encuentre en el punto donde $X = 0$ en la cuadrícula (parte B). Para esto, hay que prolongar la curva sobre el eje Y.

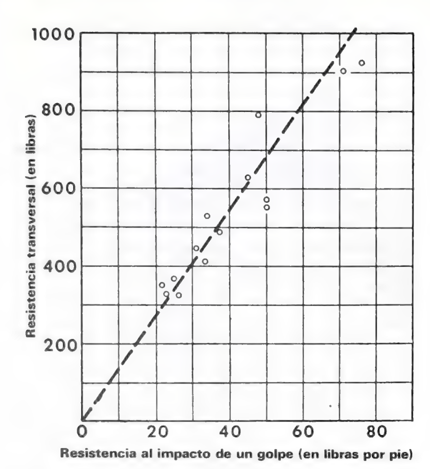


Fig. 14-36. La relación entre la resistencia transversal del hierro gris y la resistencia al esfuerzo da como resultado una recta con una ecuación de la forma $Y = MX + B$.

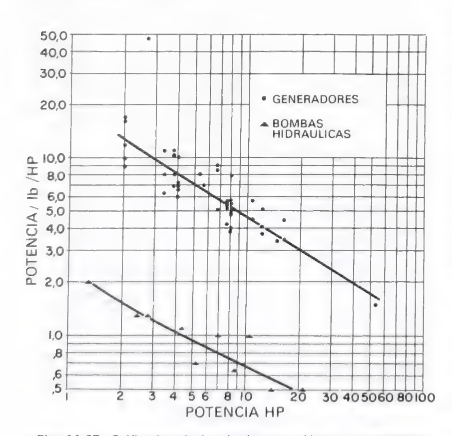


Fig. 14-37. Gráfica logarítmica de datos empíricos que representa peso específico contra potencia de generadores eléctricos y bombas hidráulicas. Las curvas se han trazado por los puntos promedio de los datos. (Cortesía de *General Motors Engineering Journal*.)

En la fig. 14-35B, los datos no intersecan el eje de las ordenadas; por consiguiente, es necesario extender la curva hasta encontrar la intersección $B = 18$. Se halla la pendiente de la curva ($\Delta Y/\Delta X$) y se substituye en la forma de intersección de la pendiente, con lo que la forma de la ecuación es:

$$Y = 18(10)^{0,1109X} \quad \text{ó} \quad Y = 18(1,29)^X.$$

Tal como se ha ilustrado en estos ejemplos, los logaritmos en base e se pueden emplear tan efectivamente como los logaritmos en base 10. También se emplean otros métodos para convertir los datos en ecuaciones, pero los dos métodos que hemos estudiado aquí son los que más utilizan los procedimientos gráficos, a la vez que son los métodos más directos para presentar estos conceptos.

14-18 APLICACIONES DE LAS GRAFICAS EMPIRICAS

La fig. 14-36 es un ejemplo de cómo se pueden emplear los datos empíricos para comparar la resistencia transversal y la resistencia al impacto del hierro gris. Nótese que, aun cuando los datos son algo dispersos, se ha trazado la curva de mejor ajuste. Puesto que en una gráfica lineal la curva es una línea recta, los datos de esta ecuación se pueden hallar mediante la ecuación:

$$Y = MX + B.$$

La fig. 14-37 es un ejemplo de cómo se pueden graficar los datos empíricos para comparar el peso específico (libras por caballo de fuerza) de los generadores y las bombas hidráulicas contra la potencia en caballos. Obsérvese también que el peso de estas unidades decrece a medida que aumenta la potencia. Por consiguiente, estos datos se pueden representar en la forma de una ecuación de potencia:

$$Y = BX^M$$

Se puede obtener la ecuación de estos datos aplicando los procedimientos estudiados en la sección 14-14 y poder, así, analizar matemáticamente estas relaciones.

La decadencia de media vida de la radiactividad se ha graficado en la fig. 14-38 para

ilustrar la relación de la decadencia y el tiempo. Como la media vida de los diferentes isótopos es variable, se deberían asignar diferentes unidades para el tiempo, sobre el eje de las abscisas; sin embargo, la línea resultante sería una recta para todos los isótopos. Para hallar la ecuación correspondiente a estos datos se puede emplear la forma exponencial de la ecuación que estudiamos en la sección 14-16:

$$Y = BM^x.$$

14-19 INTRODUCCION A SISTEMAS DE MECANISMOS Y ARTICULACIONES

Los mecanismos se emplean para producir fuerzas o movimientos por medio de una serie de componentes interdependientes. Un mecanismo es un sistema combinado de componentes que se fundamenta en los principios de rotación, acción de palancas o planos inclinados. Las articulaciones son mecanismos que trabajan esencialmente como palancas. Los sistemas de movimiento alterno pueden operar electrónicamente con un mínimo de articulaciones mecánicas. Los mecanismos y articulaciones se emplean universalmente en maquinaria (fig. 14-39), guías y soportes y, en cierto grado, en casi todos los diseños. El análisis de mecanismos, generalmente denominado mecánica, tiene por objeto determinar los efectos de las fuerzas que actúan sobre ellos.

Las siguientes definiciones son fundamentales en el estudio de los mecanismos relacionados con el diseño:

Estática. Es el estudio del efecto de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo o parte en reposo o que se mueve a velocidad uniforme.

Dinámica. Es el estudio del efecto de las fuerzas que producen un cambio en el estado del movimiento de un cuerpo o un componente de una máquina. Comprende la Cinemática y la Cinética.

Cinética. Es el estudio del efecto de las fuerzas que producen un cambio en el movimiento de un cuerpo.

Cinemática. Es el estudio del movimiento sin considerar las fuerzas que lo producen.

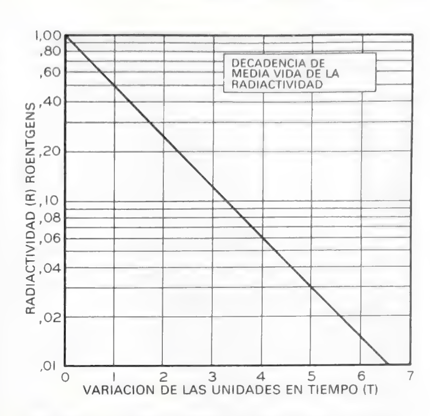


Fig. 14-38. La decadencia relativa de la radioactividad se ha graficado como una recta en esta gráfica semilogaritmica, lo que hace posible hallar su ecuación mediante la fórmula $Y = BM^X$

Estas áreas de análisis son decisivas en el análisis final de un diseño. La configuración final del diseño de un mecanismo, aquella que ofrece la eficiencia óptima de funcionamiento, se logra empleando complicados métodos analíticos. Sin embargo, los métodos gráficos se pueden aplicar como complemento de los procedimientos analíticos usuales, con el fin de fundamentar los pasos iniciales del

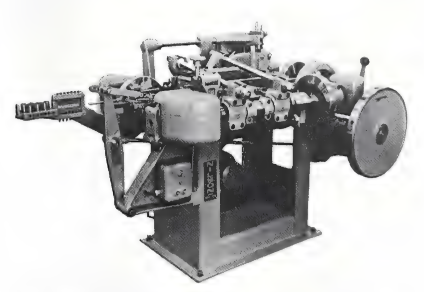


Fig. 14-39. Esta máquina para trabajar metales ilustra la gran diversidad de mecanismos que se emplean en maquinaria convencional. (Cortesia de A. H. Nilson Company.)

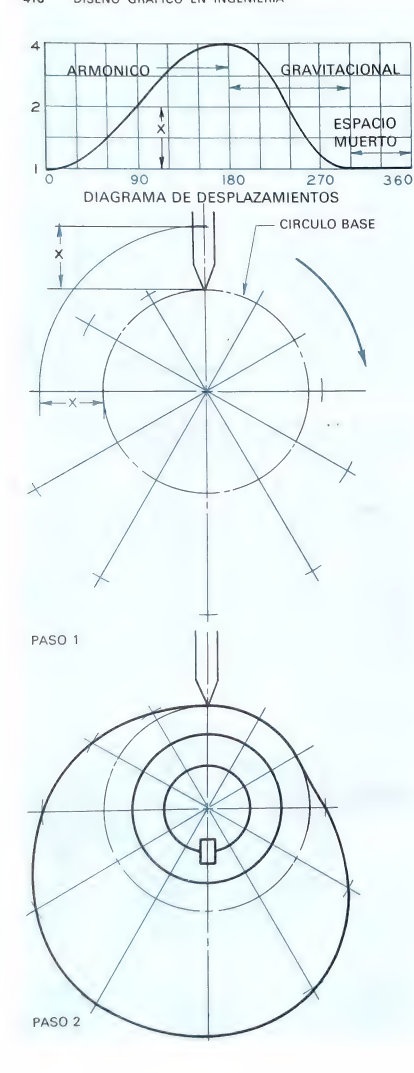


Fig. 14-40. Diseño de una leva plana con seguidor de cuchilla.

análisis de un diseño. Este capítulo estará dedicado a las aplicaciones gráficas convenientes durante esta fase del análisis; en ningún caso se pretende cubrir totalmente el área de la mecánica.

Las levas y articulaciones son los mecanismos que se analizan en este capítulo. También se presentan varios ejemplos relacionados con diversos tipos de movimiento giratorio acoplado con articulaciones. Este tipo de movimiento se presenta en gráficas rectangulares que permiten su análisis.

14-20 LEVAS

Las levas (planas, de ranura o cilíndricas) son elementos que producen movimiento en un plano, generalmente hacia arriba y abajo. La fig. 14-45 ilustra una leva plana con seguidor de cuchilla.

La leva, al girar sobre su eje excéntrico (fig. 14-40) induce en el seguidor un movimiento alternativo vertical. La configuración de la leva se analiza gráficamente antes de elaborar las especificaciones de fabricación. En este repaso de mecanismos, solamente se estudiarán las levas planas. Las levas emplean el principio de la cuña (plano inclinado), en el cual la superficie de la leva, al rotar, ocasiona la variación de la pendiente del plano que produce el tipo de movimiento deseado.

14-21 TIPOS DE MOVIMIENTO DE UNA LEVA

Las levas se diseñan esencialmente para producir: A) movimiento lineal o uniforme, B) movimiento armónico, C) movimiento con aceleración uniforme, o D) combinaciones de éstos. Algunas levas se diseñan para satisfacer los requisitos particulares de un diseño y pueden no estar comprendidas en las enumeradas anteriormente.

Los diagramas de desplazamientos se emplean para representar el recorrido del seguidor como función del ángulo de giro de la leva. La elaboración de este diagrama constituye un primer paso en el diseño de levas.

El movimiento uniforme se ilustra en el diagrama de desplazamientos de la figura 14-41A. Estos diagramas muestran el movimiento del seguidor durante una revolución completa de la leva. Se puede observar que la curva de movimiento uniforme tiene puntos de inflexión agudos, lo cual indica cambios abruptos de velocidad; esta situación es inconveniente y deficiente, dado que puede ocasionar saltos del seguidor. Por esta razón, este tipo de movimiento se corrige con arcos que tienden a amortiguar el cambio de velocidad y, por ende, la operación del mecanismo. El radio de los arcos de corrección tiene como límite la mitad del desplazamiento total del seguidor; su magnitud depende de la velocidad de operación. En general, resulta apropiado tomar este radio como un tercio o un cuarto del desplazamiento total.

El movimiento armónico, graficado en la parte B de la figura, es un movimiento suave y continuo que tiene como principio el cambio de posición de un punto localizado en la circunferencia de un círculo. Este tipo de desplazamiento es de funcionamiento suave a velocidades moderadas. Nótese el método con el cual se dibuja el semicírculo para localizar los puntos del diagrama de desplazamientos.

El movimiento uniformemente acelerado comúnmente usado para operaciones a altas velocidades se muestra en la parte C, en la cual aparece su diagrama de desplazamientos. La variación de los desplazamientos es análoga a la producida por la fuerza de gravedad que actúa sobre un cuerpo en caída libre; en este tipo de movimiento, los incrementos del desplazamiento siguen la serie 1, 3, 5, 3, 1, con base en la proporcionalidad del desplazamiento con los cuadrados de los números. Por ejemplo, $1^2 = 1$, $2^2=4$, $3^2=9$.

El mismo tipo de movimiento se repite en sentido inverso durante la segunda mitad del recorrido del seguidor. Los puntos intermedios se hallan elevando al cuadrado los números intermedios; por ejemplo: $(2{,}5)^2$. La caída gravitacional del seguidor se diseña de manera que concuerde con la forma de la leva para que su contacto produzca una operación suave.

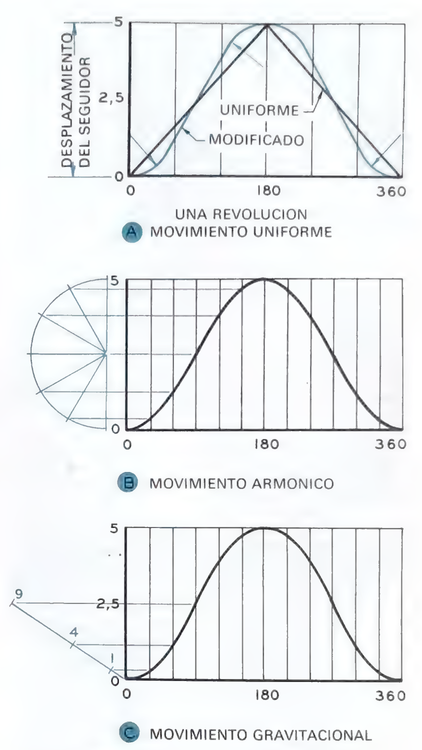


Fig. 14-41. Métodos de graficar los tres tipos básicos de movimiento de levas: uniforme, armónico y gravitacional.

Seguidores. Los tres tipos básicos de seguidores son: A) de superficie plana, B) de rodillo, y C) de cuchilla, como se muestra en la fig. 14-42. Los seguidores de superficie plana y de cuchilla se limitan a sistemas lentos donde existe un mínimo de fricción causada

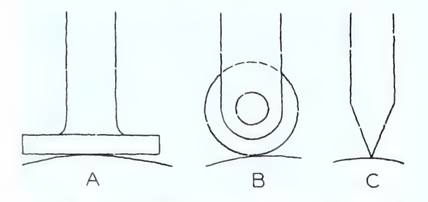


Fig. 14-42. Tres tipos básicos de seguidores: plano, de rodillo y de cuchilla.

por la rotación. El seguidor de rodillo es el más ampliamente usado, ya que permite mayores velocidades y puede transmitir fuerzas más elevadas.

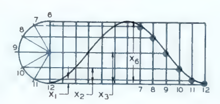
14-22 TRAZADO DE UNA LEVA

Leva plana—Movimiento armónico. En la fig. 14-43 se muestran los pasos para construir una leva plana con movimiento armónico. El dibujante debe conocer ciertas informaciones para poder diseñar una leva. Debe conocer el movimiento que se desea imprimir al seguidor, la carrera, tipo, tamaño y posición del seguidor, diámetro del círculo de base y sentido de rotación. Cuando dispone de esta información, procederá como sigue.

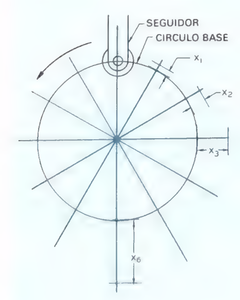
FIG. 14-43. CONSTRUCCION DE UNA LEVA PLANA CON MOVIMIENTO ARMONICO



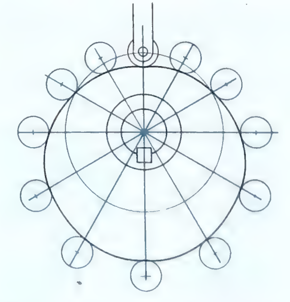
Paso 1: Construir un semicirculo cuyo diámetro sea igual a la carrera del seguidor. Dividir el semicirculo en tantas partes como hay entre 0° y 180° sobre el eje horizontal del diagrama de desplazamientos. Graficar la mitad de la curva de desplazamiento en el diagrama de desplazamientos.



Paso 2: Continuar este procedimiento para localizar puntos proyectando desde el semicírculo, empezando desde la parte superior y procediendo a la inferior. Completar la curva.



Paso 3: Construir el círculo de base y dibujar el seguidor. Dividir el círculo de base en tantos sectores como divisiones hay en el diagrama de desplazamientos. Transferir las distancias del diagrama de desplazamientos a los radios respectivos del círculo de base, midiendo hacia afuera en relación con éste.



Paso 4: Dibujar círculos para representar las posiciones del seguidor de rodillo mientras la leva siga en dirección antihoraria. Dibujar el perfil de la leva tangente a todos los rodillos para completar el dibujo.

Paso 1. Se traza el diagrama de desplazamientos. El eje vertical representa la carrera del seguidor a partir de su punto más bajo. El eje horizontal se divide en partes iguales que representan grados de rotación de la leva (generalmente, cada división representa 15° ó 30°). Se construye un semicírculo de diámetro igual a la carrera del seguidor y se lo divide en un número de partes iguales, correspondientes al mismo número de unidades comprendidas entre 0° y 180° sobre el eje horizontal del diagrama de desplazamientos. Los puntos de la semicircunferencia se proyectan a las líneas verticales correspondientes dibujadas por los puntos de división del eje horizontal. Estos puntos se unen con una curva irregular.

Paso 2. El mismo semicírculo se usa para encontrar los puntos de la curva comprendidos entre 180° y 360°, comenzando en la parte superior del semicírculo (punto 6) y continuando hacia abajo hasta el punto 12. Los puntos se proyectan sobre sus respectivas rectas y se unen con una curva suave irregular. Las partes derecha e izquierda del diagrama de desplazamientos son simétricas.

Paso 3. A partir de las especificaciones se dibuja el círculo de base y, con centro en éste, el seguidor. El círculo se divide en un número de sectores igual al de divisiones del diagrama de desplazamientos. En este ejemplo son 12, puesto que el círculo se ha dividido en sectores de 30°.

El desplazamiento del seguidor se toma del diagrama de desplazamientos y, puesto que el movimiento de la leva es en sentido antihorario, los desplazamientos se sitúan a la derecha del seguidor. Por ejemplo, las distancias X_1, X_2 y X_3 se miden del círculo de base hacia afuera. De esta manera, se pueden localizar todos los demás puntos alrededor del círculo base.

Paso 4. Tomando como centro los puntos localizados en el paso 3, se trazan círculos de construcción que representan el seguidor de rodillo. El perfil de la leva se encuentra dibujando una curva irregular que sea tangente a cada uno de los rodillos de construcción. Para conseguir un perfil más exacto se pueden encontrar intervalos adicionales. Para dar indicaciones se han dibujado el cubo de la leva y la chaveta.

Leva plana—Aceleración uniforme. Esta construcción es la misma del ejemplo anterior, con la diferencia del diagrama de desplazamientos y el seguidor de cuchilla. En la figura 14-44 se muestran los pasos que conlleva la construcción de una leva plana con aceleración uniforme.

Paso 1. El diagrama de desplazamiento se dibuja tomando divisiones sobre el eje horizontal que representan 30° y con eje vertical igual a la carrera del seguidor. La rapidez del desplazamiento del seguidor varía constantemente, produciendo aceleración y desaceleración. Las variaciones de desplazamiento se basan en el cuadrado de cada división. Nótese que estas divisiones se han tomado sobre la línea de construcción y se han proyectado a los ejes verticales. El seguidor acelera de 0° a 180° y desacelera de 180° a 360°. La mitad de la curva se construyó como curva irregular.

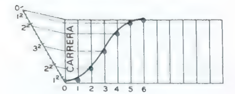
Paso 2. Para hallar la curva de desplazamientos de 180° a 360° que completa la curva simétrica se utiliza la misma construcción.

Paso 3. Para representar la posición mínima del seguidor de cuchilla se dibuja el círculo de base, el cual se divide en sectores de 30°: el mismo número de divisiones del diagrama de desplazamientos. Puesto que la rotación de la leva es en sentido antihorario, se toman los desplazamientos hacia afuera del círculo de base y a la derecha del seguidor, en sentido horario.

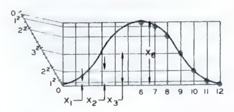
Paso 4. El perfil de la leva se traza con una curva suave que pasa por los puntos ya localizados. Para completar el dibujo se adicionan el cubo de la leva y la chaveta.

Leva plana—Movimiento combinado. En la fig. 14-45 se usa un seguidor de cuchilla y una leva plana para producir movimiento armónico entre 0° y 180°, aceleración uniforme entre 180° y 300° y reposo del seguidor entre

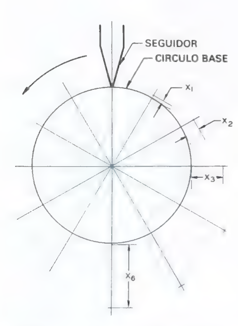
FIG. 14-44. CONSTRUCCION DE UNA LEVA PLANA CON ACELERACION UNIFORME



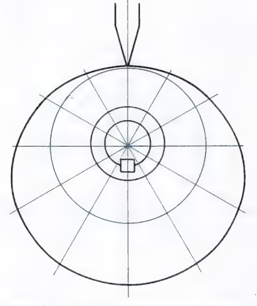
Paso 1: Construir un diagrama de desplazamientos para representar la carrera del seguidor. Dividir el eje horizontal en partes a intervalos de 30°. Dibujar una línea de construcción que pase por el punto 0. Localizar las divisiones en 1^2, 2^2 y 3^2 y proyectarlas al eje vertical para representar la mitad de la carrera. Encontrar la otra mitad de la carrera, proyectando las distancias sobre la línea de construcción, utilizando valores descendientes.



Paso 2: Utilizar la misma construcción para encontrar la parte derecha de la curva simétrica.



Paso 3: Construir el círculo de base y dibujar el seguidor de cuchilla. Dividir el círculo en tantos sectores como divisiones hay en el diagrama de desplazamientos. Transferir las distancias de éste a los radios respectivos del círculo de base, midiendo hacia afuera desde éste.



Paso 4: Unir los puntos encontrados en el paso 3 con una curva suave para completar el perfil de la leva. Indicar también el cubo y la chaveta de la leva.

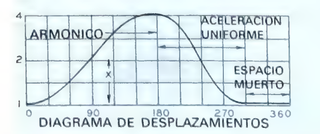
300° y 360°. A partir del círculo de base se dibujará una leva que permita este movimiento.

Paso 1. La porción armónica del diagrama de desplazamiento se traza dibujando un semicírculo cuya circunferencia se divide en un número de partes igual a las comprendidas en el diagrama de desplazamientos entre 0° y 180°— en este caso seis (fig. 14-45). Véase la fig. 14-41B. La parte de aceleración uniforme (cuatro divisiones en la fig. 14-45) del seguidor se encuentra dividiendo por 2 el número de divisiones horizontales; esto es, $4 \div 2 = 2$. Por tanto, 1^2 dará un desplazamiento de 1 durante los primeros 30° y 2^2 un desplazamiento de 4 a partir del pico, o una caída de 3 unidades entre 210° y 240°. Las unidades se han localizado como se muestra en la figura 14-45C. Entre 300° y 360° el seguidor no se mueve; por esta razón, esta porción de la curva es una recta horizontal.

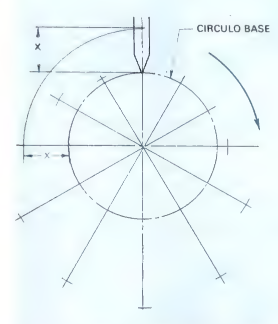
Paso 2. A partir del centro del círculo de base se trazan líneas radiales cuyo número corresponde al de los intervalos de la escala horizontal del diagrama de desplazamientos.



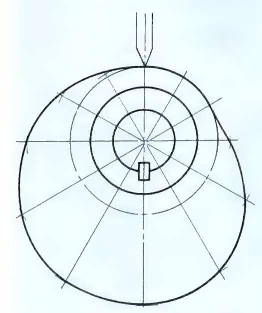
FIG. 14-45. CONSTRUCCION DE UNA LEVA PLANA CON MOVIMIENTOS COMBINADOS



Paso 1: La leva deberá subir 4" en 180° con movimiento armónico, caer 4" en 120° con aceleración uniforme y reposar en 60°. Estos movimientos se indican sobre el diagrama de desplazamientos.



Paso 2: Construir el círculo de base y dibujar el seguidor de cuchilla. Transferir distancias del diagrama de desplazamientos a los radios respectivos del círculo de base, midiendo hacia afuera desde éste.



Paso 3: Dibujar una curva suave que pase por los puntos encontrados en el paso 2, para completar el perfil de la leva. Indicar también el cubo y la chaveta de la leva.

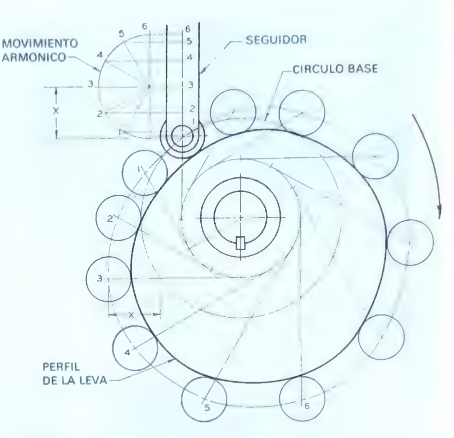


Fig. 14-46. Construcción de una leva plana con un seguidor de rodillo.

A lo largo de las líneas radiales y hacia afuera del círculo de base, con compás, se toman los desplazamientos. Como ejemplo, se muestra la distancia *X*.

Paso 3. Los puntos situados sobre las líneas radiales se unen con una curva suave para formar el perfil de la leva que producirá el movimiento especificado. Para completar la construcción se han dibujado el cubo y la chaveta.

14-23 TRAZADO DE UNA LEVA CON SEGUIDOR DE RODILLO DESPLAZADO

La leva de la fig. 14-46 ha de producir movimiento armónico de 0° a 360°. Este movimiento se puede representar directamente sobre el seguidor, en vez de trazar un diagrama de desplazamiento, dado que no hay combinaciones de movimientos. Se dibuja un semicírculo de diámetro igual al desplazamiento total del seguidor. En este caso, el círculo base pasa por el centro del rodillo del seguidor. Se prolonga la línea de eje del seguidor y se traza un círculo concéntrico con el círculo base,

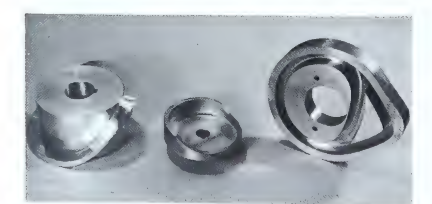


Fig. 14-47. Ejemplos de levas maquinadas. (Cortesía de Ferguson Machine Company.)

tal que sea tangente a la prolongación del eje del seguidor. Este círculo a su vez divide en intervalos de 30° para establecer puntos de tangencia para todas las posiciones del seguidor. Estas tangentes se pueden trazar con mayor precisión si se dibujan perpendicularmente a radios espaciados 30° que se trazan del centro a la circunferencia del círculo interior. Las distancias se trasladan del diagrama de movimientos armónicos a cada línea tangente. La localización de la distancia *X* ilustra este procedimiento. El rodillo circular se traza en cada uno de los puntos localizados a la manera de *X* y, finalmente, se traza el perfil de la leva tal que sea tangente al rodillo en todas las posiciones, como se indica.

La fig. 14-47 muestra varios tipos de levas. Algunas levas se emplean para producir movimientos tridimensionales, pero, en la mayoría de los casos, el movimiento inducido es plano. Algunos fabricantes especializados en levas de uso general suministran los bloques metálicos listos para ser maquinados en la forma deseada.

14-24 OTRAS APLICACIONES DE LAS LEVAS

El picaporte de trinquete que se muestra en la fig. 14-48 es un ejemplo de la aplicación de levas para producir la presión que asegura la puerta. Se hubiera podido emplear un arco de círculo con el mismo fin en este mecanismo. Sin embargo, puesto que el efecto de palanca es importante, el uso de un segmento de leva permite la fácil y eficiente aplicación de la fuerza y la operación de la manija.

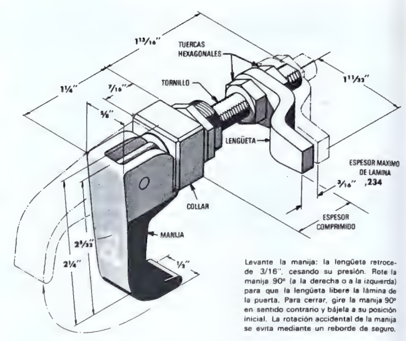


Fig. 14-48. Aplicación de un mecanismo de leva a un picaporte que asegura una puerta. (Cortesía de South Chester Corporation.)

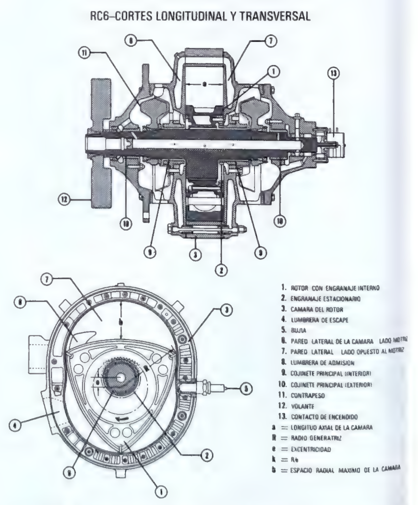
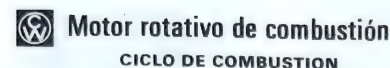


Fig. 14-49. Aplicación del principio de la leva a un motor experimental RC6. (Cortesía de Curtiss-Wright Corporation.)



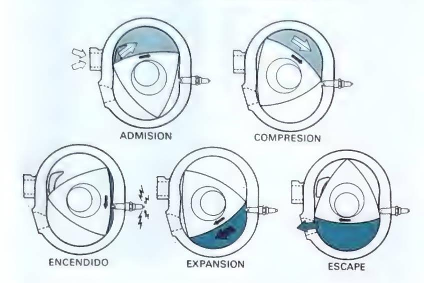


Fig. 14-50. Ciclo de combustión del motor experimental RC6. (Cortesía de Curtiss-Wright Corporation.)

La fig. 14-49 presenta una aplicación relacionada con el movimiento de las levas; esta figura ilustra el mecanismo rotativo de un motor de combustión que emplea un rotor excéntrico para realizar el mismo ciclo de cuatro tiempos de un motor alternativo convencional. La fig. 14-50 presenta el ciclo de combustión de este diseño revolucionario, mediante una secuencia de posiciones. El dibujo de ingeniería es una herramienta importante en el desarrollo de un diseño de este tipo.

14-25 ARTICULACIONES

La nave espacial que muestra la fig. 14-51 emplea un sistema especial de articulaciones, que sirve para colocar el sensor terrestre de largo alcance y los paneles solares, una vez que el vehículo está en el espacio. Estos mecanismos se deben diseñar de tal manera que sus componentes puedan plegarse a un espacio reducido durante el lanzamiento. El dispensador portátil de cinta pegante que muestra la fig. 14-52 emplea una combinación de engranajes, levas y articulaciones. La fig. 14-53 muestra un «empujador» hidráulico diseñado para forzar tubería bajo superficies pavimentadas, empleando un cilindro hidráulico y un sistema de articulaciones. Las articulaciones

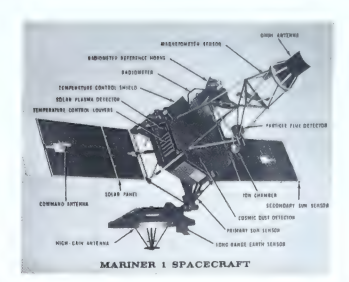


Fig. 14-51. En el vehículo especial *Mariner I* se emplea un sistema de articulaciones que permite que la nave se mantenga plegada, a un volumen mínimo, durante su vuelo a través de la atmósfera terrestre. (Cortesía de NASA.)

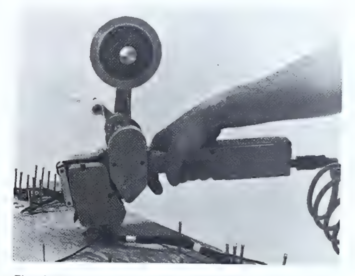


Fig. 14-52. Este dispensador portátil de cinta pegante emplea una combinación de mecanismos y articulaciones. (Cortesía de 3M-Company.)

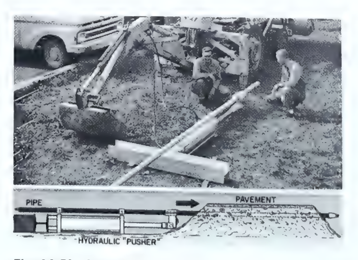


Fig. 14-53. Este empujador se emplea para forzar una tubería bajo la superficie pavimentada de una vía; utiliza un sistema de articulaciones y presión hidráulica. (Cortesía de Arnold Engineering Development Center.)

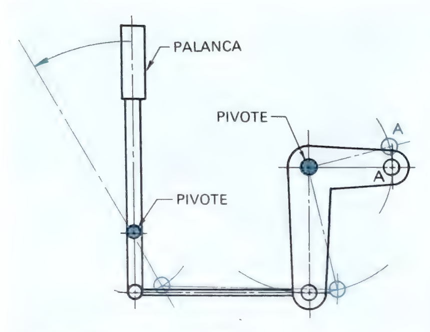


Fig. 14-54. Mecanismo de tres barras.

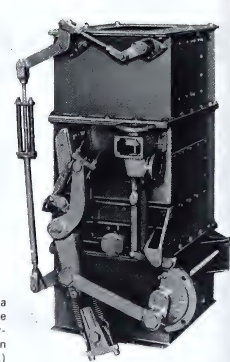


Fig. 14-56. Esta compuerta empleó una combinación de articulaciones y levas. (Cortesía de General American Transportation Corporation.)

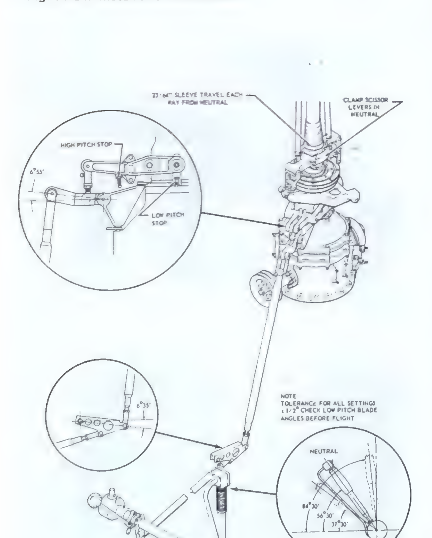
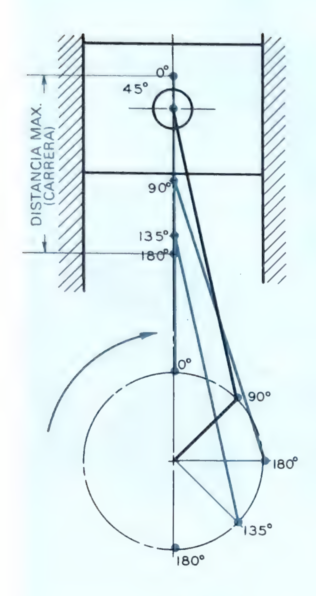


Fig. 14-55. Sistema de articulaciones empleado para controlar el ángulo de inclinación de las paletas de la hélice de un helicóptero. (Cortesía de Bell Helicopter Corporation.)

se emplean universalmente en mecanismos de todo tamaño. La fase inicial del análisis de un sistema de articulaciones se puede efectuar aplicando métodos gráficos como preámbulo a su análisis matemático final.

14-26 UN SISTEMA SENCILLO DE BARRAS ARTICULADAS

El sistema de la fig. 14-54 ilustra el análisis gráfico de articulaciones, en el cual se dan los puntos fijos o pivotes alrededor de los cuales deben desplazarse las componentes. En este caso, el movimiento se transmite por medio de palancas al punto A. La localización de las barras se determina tomando distancias sobre los arcos trazados con centro en los puntos de pivote. Este es un mecanismo de tres barras compuesto por tres partes móviles. La aplicación de este tipo de sistemas se ilustra en la fig. 14-55, en donde se muestra un mecanismo de control de un helicóptero. Para garantizar la transmisión apropiada de la potencia y el movimiento correcto del punto de entrega, el diseñador no sólo debe analizar gráficamente, sino aplicar los principios de la mecánica a los sistemas de articulaciones de este tipo. La fig. 14-56 muestra otra aplicación de este tipo de mecanismos.



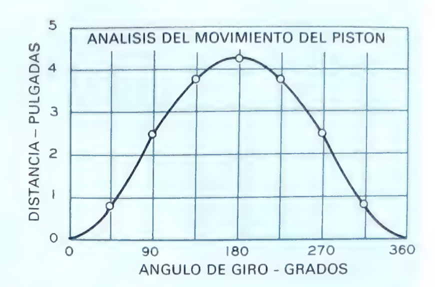


Fig. 14-57. Desplazamiento del pistón producido por la rotación de un eje cigüeñal. Este sistema se denomina mecanismo biela-manivela.

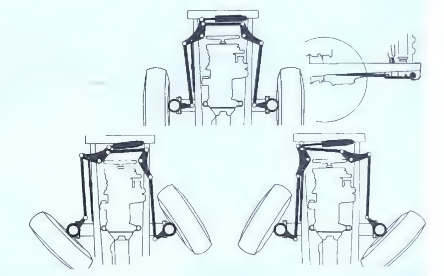


Fig. 14-58. Mecanismo convencional de dirección de un camión de servicio pesado. (Cortesia de LeTourneau-Westinghouse Company.)

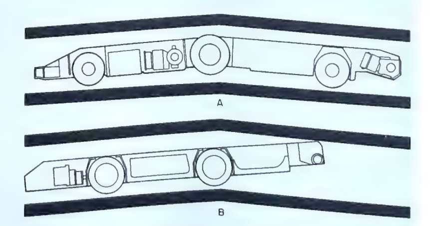


Fig. 14-59. Comparación de dos posibles vehículos transportadores para la extracción de carbón. Nótese que uno de los vehículos fue diseñado como un sistema articulado contrapuesto a la idea convencional. (Cortesia de Joy Manufacturing Corporation.)

14-27 USOS DE LAS ARTICULACIONES

La fig. 14-57 muestra un sistema biela-manivela, en el cual se analiza el movimiento del pistón por medio de un diagrama de desplazamiento. Este desplazamiento se puede determinar gráficamente con suficiente precisión si se emplea una escala adecuada. El análisis gráfico le facilita al ingeniero la aplicación de los principios de la mecánica a la solución analítica. La fig. 14-58 muestra el mecanismo del sistema de dirección de un camión de servicio pesado. Este sistema de dirección se puede analizar gráficamente para determinar el movimiento de las componentes durante el proceso de viraje.

La fig. 14-59 ilustra esquemáticamente los requisitos especiales de un tándem empleado para transportar mineral en espacios reducidos y sobre superficies irregulares. Se puede obser-

HYDRAULIC DRIVEN CABLE REEL
10 H.P. PUMP MOTOR
CONTROLLER
CONV. WIDTH
56"
APPROX. MIN. OUTSIDE TURNING RADIUS 23'-2"
55½"
57"
54½"
109"
54½"
10 H.P. CONVEYOR MOTOR
OPERATORS PLATFORM
CONTROLLER
2—10 H.P. TRACTION MOTORS
26'-6"
4'-9"
9'-0"
9'-0"
3'-9"
15°
APPROX. MIN. INSIDE TURNING RAD.=10'-11"
APPROX. CAPACITY 32" HIGH, 155 CU. FT.
APPROX. CAPACITY 36" HIGH, 192 CU. FT.
DISC BRAKE
ADJUSTABLE CONVEYOR
55" APPROX.
32½" APPROX. CLEARANCE
7½"
2"
5" MIN.
6½" MAX.
16" MIN.
17½" MAX.
32"
4" SIDEBOARDS
15°
38"
9.00/10—16 PLY
10.00/15—14 PLY
9.00/10—16 PLY

Fig. 14-60. Análisis gráfico del sistema de articulación de un transportador de mineral.

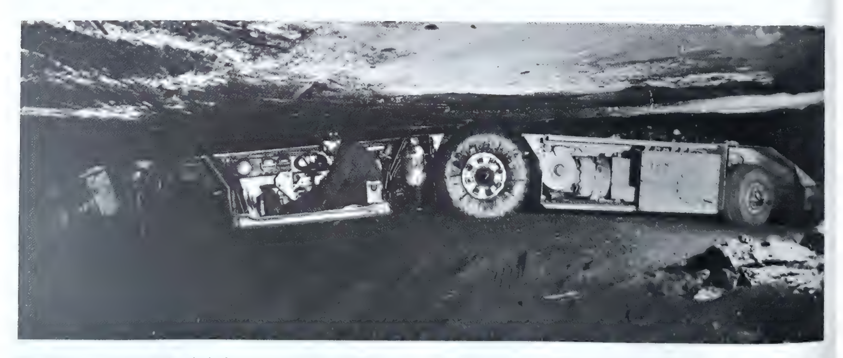


Fig. 14-61. El transportador de la figura anterior en operación en una mina de carbón. (Cortesía, con la ilustración anterior, de Joy Manufacturing Corporation.)

var que el vehículo plegable de la parte A es más eficiente y tiene mayor capacidad que el vehículo de la parte B. En la fig. 14-60 se presenta el análisis gráfico efectuado para determinar las posiciones extremas de movimiento del diseño articulado. El espacio disponible fue una de las consideraciones más importantes en la determinación de las dimensiones definitivas del vehículo que aparece en operación en la fig. 14-61. El cuerpo articulado también implica el estudio de sistemas de mecanismos especiales para la transmisión de potencia dentro del vehículo.

14-28 ANALISIS DE UN MECANISMO DE SUJECION

En el diseño de mecanismos de sujeción se emplean diversos sistemas de articulaciones que, como componentes de dispositivos, son indispensables para fijar partes durante su maquinado. La fig. 14-62 presenta un ejemplo de tales mecanismos. La manija aparece en su posición de cierre, posición A, y en una posición intermedia, posición B. Una vista parcial muestra la posición C, en donde la manija hace contacto con la superficie de trabajo. El análisis gráfico de las articulaciones indica que el vástago se encuentra en su posición máxima de retracción en la posición C, es decir, cuando la manija forma un ángulo θ con la horizontal. Si el criterio decisivo de diseño fuese la máxima utilización del desplazamiento del vástago, sería necesario modificar el diseño de tal manera que la manija no encontrara obstáculos.

Las ventajas del método gráfico de análisis de este tipo de articulaciones son evidentes. Con un mínimo de esfuerzo, el diseñador puede determinar los efectos de las dimensiones de los elementos sobre el movimiento producido y el espacio disponible. El diseño de la manija debe tener en cuenta la posición del operador y la comodidad de operación que proporcione su configuración. A este respecto, es posible desarrollar otros tipos de articulaciones que produzcan el mismo efecto de sujeción con menores desplazamientos de la manija, si esto fuera necesario.

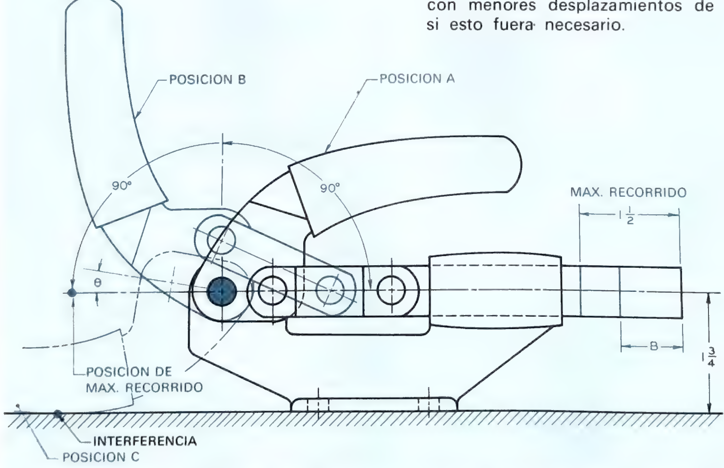


Fig. 14-62. Análisis gráfico de un mecanismo manual de sujeción que comprende ciertos principios básicos. (Cortesía de Universal Engineering Corporation.)

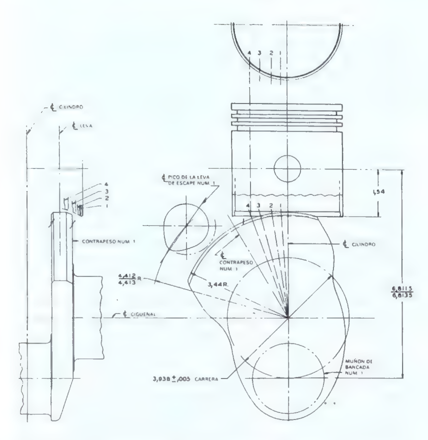


Fig. 14-63. Determinación gráfica del espacio entre un contrapeso y la falda del pistón.

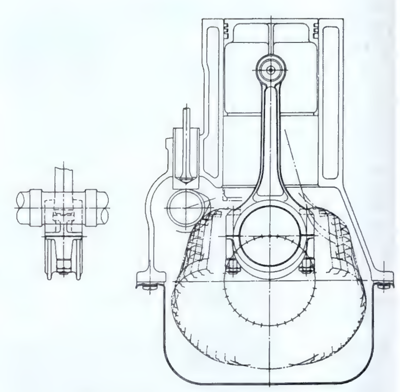


Fig. 14-64. Ànálisis gráfico del espacio entre la trayectoria de la biela y el interior del cárter. (Cortesía, con la figura anterior, de Chrysler Corporation.)



14-29 ANALISIS DE ESPACIOS

La fig. 14-63 muestra el contrapeso de un motor. El contrapeso debe ser tan grande como sea posible, para que se logre una operación óptima. El radio máximo del contrapeso se determina esencialmente por la trayectoria del pico de la leva de escape 1. Es permisible emplear tolerancias pequeñas entre la leva y el contrapeso, dado que sus ejes de rotación están firmemente asegurados y sus superficies tienen un acabado suficientemente fino. La tolerancia entre la falda del pistón y el contrapeso, sin embargo, debe estudiarse cuidadosamente.

La determinación de los espacios entre estas partes se puede resolver gráficamente. La serie de secciones 1, 2, 3 y 4 se traza a partir del centro del contrapeso. Los puntos se proyectan a las vistas de arriba y de lado, en donde se observan las secciones radiales de la falda del pistón. En la vista de lado se aprecia cómo el corte biselado del contrapeso proporciona la tolerancia apropiada sin disminuir la efectividad de éste.

La trayectoria descrita por la biela debe analizarse (fig. 14-64), ya que determina la localización del eje de levas, de las paredes del cárter y demás factores limitantes. La tolerancia entre el eje de levas y la cabeza del perno de la biela puede ser bastante reducida, ya que estas partes tienen un acabado fino y sus centros de rotación están firmemente asegurados. Por otra parte, el espacio entre la biela y el cárter del cigüeñal y el depósito de lubricante debe ser algo más amplio, debido a los posibles desperfectos en la fundición y forjado de las paredes del cárter. El diseñador puede localizar el eje de levas y establecer el tamaño del cárter, trazando la trayectoria límite de la biela. El método gráfico es más versátil para esta clase de análisis que cualquier otra técnica.

La separación entre conductores eléctricos, dentro de los límites disponibles, puede evaluarse fácilmente por medio de técnicas gráficas, como se indica en la fig. 14-65. El método de sujeción de los cables, indicado en la parte B de la figura, requiere un ancho total de

138' que considere el desplazamiento máximo que el viento les pueda imprimir en los puntos medios entre dos torres. Utilizando el método de sujeción de la parte A se conserva el mismo espaciamiento (12') entre los soportes y las torres, pero el ancho total disminuye a 122', lo que significa una economía de 61'' o 7,5 acres por milla de línea de transmisión. El diseñador puede emplear los métodos gráficos (bosquejos y dibujos a escala) para desarrollar ideas de este tipo. Los dibujos a escala simplifican la aplicación de los métodos trigonométricos que se deben emplear posteriormente para comprobar la distribución gráfica.

En la fig. 14-66 se grafican las posiciones de operación de una pala de excavación de

Fig. 14-65. Análisis gráfico de los límites de operación de un retroexcavador 3141. (Cortesía de International Harvester Company.)

A

B

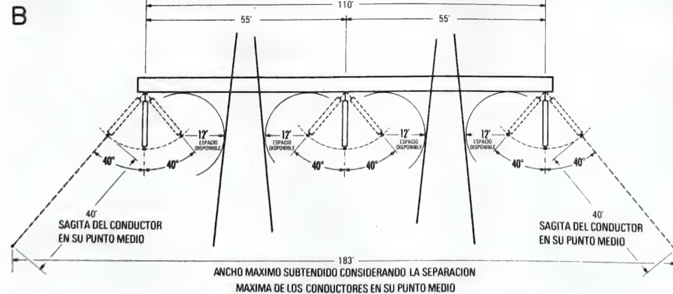


Fig. 14-66. Análisis gráfico del método de soporte de conductores eléctricos, encaminado a reducir espacio subtendido. (Cortesía de Ohio Brass Company.)



Fig. 14-67. Las grúas de este barco se pueden analizar gráficamente para determinar sus esfuerzos y posiciones de operación. (Cortesía de la Flota Mercante Grancolombiana, S. A.)

tal manera que resulta fácil analizar visualmente su sistema de articulaciones. La representación gráfica de estas posiciones se puede emplear para describir sus características de funcionamiento y sus límites de eficiencia.

14-30 ANALISIS EMPIRICO DE ARTICULACIONES

Los sistemas de articulaciones, generalmente, son desplazables, de tal manera que el equipo pueda asumir una gran variedad de posiciones. La fig. 14-67 muestra un ejemplo de este tipo de diseños, un pescante de vacío empleado para descargar barcos. El pescante se sitúa en la posición que ofrezca el acceso más efectivo a la carga que se va a remover. A medida que el pescante sube o baja a sus diferentes posiciones, varían los esfuerzos en él y en los cables de soporte. La carga máxima que ha de soportar el pescante, la resistencia del cable y la posición del pescante afectarán las posiciones extremas de operación bajo los límites de seguridad previstos. En la fig. 14-68 se analiza gráficamente el pescante, con el objeto de determinar los esfuerzos en el cable para diferentes posiciones del pescante. Los datos resultantes de este análisis sirven para limitar el área segura de operación.

En el diagrama espacial se muestra el pescante en siete posiciones y con una carga máxima de 1000 kg aplicada como una fuerza vertical. Se han dibujado diagramas de esfuerzos para cada una de las siete posiciones. Por ejemplo, para un ángulo de 15° el esfuerzo en el cable es 360 kg. En la figura también aparecen graficados los esfuerzos en el cable como función de la posición del pescante. Estos puntos se reúnen por medio de una línea continua ya que la variación de esfuerzo es continua. Puesto que el cable está diseñado para un esfuerzo máximo de 1800 kg, el punto crítico aparece en la posición de 110°. Si el pescante sobrepasa esta posición, el cable está sujeto a rotura. La inspección de esta gráfica puede servirle al diseñador para elegir un cable de resistencia apropiada, en caso de que deba diseñar el pescante para que opere a ángulos mayores de 110°. Estos datos son empíricos, ya que solamente se han empleado unos cuantos puntos. También se acostumbra aplicar un factor de seguridad a los datos de este tipo para prevenir posibles variaciones o defectos en los materiales utilizados.

14-31 INTRODUCCION AL CALCULO GRAFICO

Frecuentemente, el diseñador, ingeniero o técnico afronta problemas que comprenden relaciones entre variables, que deben resolverse aplicando los principios del cálculo. Se pueden tratar gráficamente todos aquellos datos que requieran el empleo del cálculo y puedan representarse en gráficos. Cuando se conoce la ecuación de los datos, los métodos tradicionales del cálculo pueden solucionar el problema. Sin embargo, una gran variedad de datos de ingeniería no pueden ser descritos por me-

Fig. 14-68. Análisis gráfico de esfuerzos en el cable *AB* para todas sus posiciones.

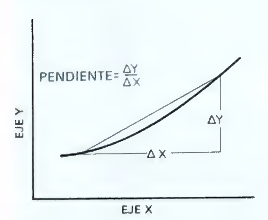


Fig. 14-69. La derivada de una curva es su razón de cambio en cualquier punto; o sea, su pendiente, $\Delta Y/X$.

dio de ecuaciones. En estos casos, es conveniente emplear los métodos del cálculo gráfico para obtener soluciones relativamente precisas en problemas de carácter irregular.

Los dos tipos básicos de cálculo son (1) cálculo diferencial y (2) cálculo integral. El cálculo diferencial se emplea para encontrar la razón de variación de una variable con respecto a otra. Por ejemplo, la curva de la figura 14-69 representa la relación funcional entre dos variables. Nótese que la variable *Y* aumenta a medida que *X* aumenta. La razón de

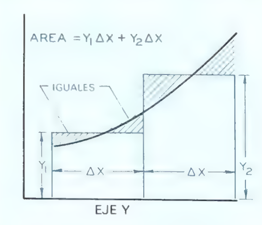


Fig. 14-70. La integral de una curva es el área acumulada bajo ella, la cual puede considerarse como el producto de dos variables.

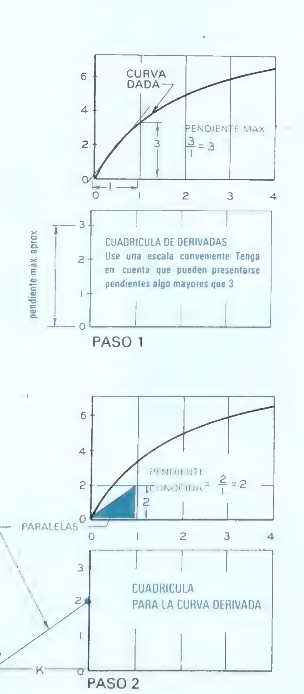


Fig. 14-71. Construcción de escalas de diferenciación gráfica.

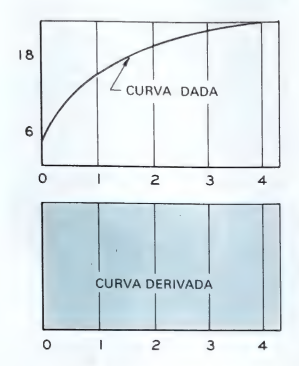
variación de *Y* con respecto a *X* es una característica importante que puede afectar el diseño de un mecanismo. La razón de variación en cualquier punto de la curva es la pendiente de la línea, es decir, la tangente a la curva en el punto específico. Esta pendiente es, a menudo, difícil de determinar gráficamente con cierta exactitud; en consecuencia, se puede aproximar trazando una cuerda en el intervalo dado, como se indica en la fig. 14-69. La pendiente de esta cuerda se obtiene por medio de la tangente $\Delta Y/\Delta X$. Esta cifra da un estimativo conveniente de la pendiente de la línea durante el intervalo, cuando se señalan intervalos suficientemente cortos de tal manera que se minimicen las divergencias. Esta pendiente puede representar kilómetros por hora, peso por unidad de longitud y otro gran número de razones significativas en el análisis de datos.

El cálculo integral es todo lo contrario del cálculo diferencial. La integración es el proceso de hallar el área bajo una curva dada, la cual puede considerarse como el producto de las dos variables graficadas sobre los ejes *X* e *Y*. Por ejemplo, si una de las variables es un área y la otra una longitud, la integral tendrá unidades de volumen. El área bajo la curva se aproxima dividiendo una de las variables en un número conveniente de intervalos o segmentos, los cuales determinan pequeños rectángulos en la zona específica bajo la curva, como se indica en la fig. 14-70. La altura de las barras es tal que el área del extremo rectangular de la barra que queda sobre la curva es igual al área bajo la misma; es decir, la altura de la barra es aproximadamente el punto medio de la curva en el intervalo dado. Aunque esta descripción de integración es básicamente el método gráfico, presenta la idea general de los principios del cálculo integral.

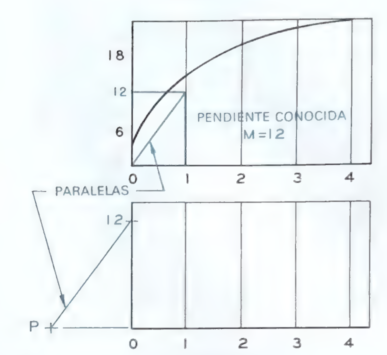
14-32 DIFERENCIACION GRAFICA

Se define la diferenciación gráfica como la determinación de la razón de cambios de una de dos variables con respecto a la otra en un punto dado. La fig. 14-71 ilustra los pasos preliminares de la construcción de la escala

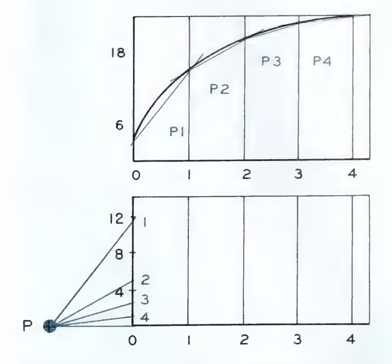
FIG. 14-72. DIFERENCIACION GRAFICA



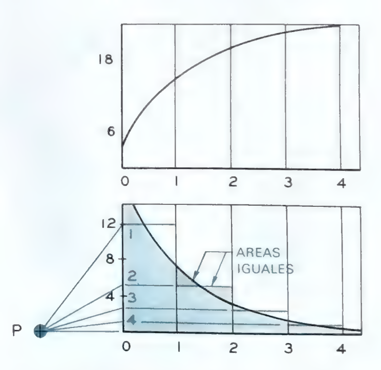
Dada: La gráfica de los datos.
Se pide: La curva derivada de éstos.
Referencia. Sección 14-32.



Paso 1: Determine la distancia polar en la escala de derivadas, empleando los principios de la fig. 14-71. Localice una pendiente conocida (12) en la gráfica dada y dibuje una escala de ordenadas para la derivada, tal que sobrepase en algo la pendiente máxima estimada (12). Determine el punto *P*, trazando una paralela a la pendiente conocida a partir de la división 12 de la ordenada de la curva de derivadas.



Paso 2: Trace una serie de cuerdas a intervalos convenientes sobre la curva dada y, a través del punto *P*, dibuje paralelas a estas cuerdas hasta localizar sus intersecciones con el eje de ordenadas de la curva derivada. Para mayor precisión, se deben emplear cuerdas cortas en donde la curva cambia rápidamente.



Paso 3: Proyecte horizontalmente los puntos 1, 2, 3 y 4 hasta sus respectivos intervalos. Dibuje cuidadosamente la curva de derivadas a través de los puntos medios (aproximadamente) de los intervalos. Observe que la curva se traza de tal manera que las áreas bajo y sobre la parte superior de las barras sean iguales. Esta curva representa las derivadas de los datos dados.

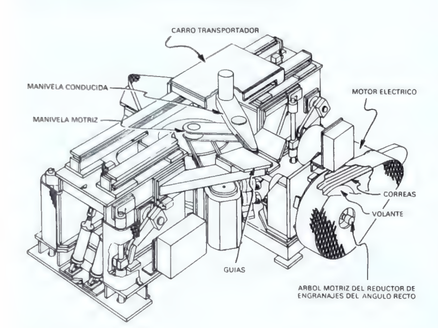


Fig. 14-73. Alimentador mecánico empleado para transportar partes de automóvil en una línea de ensamblaje. (Cortesía de General Motors Corporation.)

que se empleará para graficar la curva continua de la derivada a partir de los datos dados.

Paso 1. Los datos originales se grafican y los ejes se marcan empleando las dimensiones apropiadas. Sin embargo, el reticulado no necesariamente debe ser cuadrado; la naturaleza misma de las unidades determinará la relación entre las unidades de X y de Y. La magnitud máxima de la escala de las ordenadas en la gráfica de la derivada será igual a la pendiente máxima de los datos originales; para este fin se puede trazar una serie de cuerdas que permitan estimar la pendiente máxima por inspección. En la curva dada, la pendiente máxima estimada es 3, así que la escala vertical se traza de una longitud algo mayor para preveer posibles excesos a este máximo. La escala de las ordenadas se dibuja a la «escala» apropiada para su fácil medición. Debe entenderse que la ordenada de la gráfica representa la pendiente de la curva o su razón de variación en cada punto.

Paso 2. Sobre la cuadrícula de los datos se traza una recta de pendiente conocida; no es necesario que esta pendiente guarde alguna relación con la curva. La construcción se facilita si el intervalo escogido para el triángulo de pendientes es 1, 10 ó un múltiplo de 10, ya que esto simplificará los cálculos. En este caso, la pendiente conocida es de 2 y se puede leer directamente sobre las ordenadas, ya que el segmento de abscisa escogido es de una unidad. La distancia polar K se puede hallar dibujando un triángulo a partir de la ordenada 2 (la pendiente conocida) de la escala de las derivadas, de tal manera que su hipotenusa sea paralela a la línea de pendiente conocida. Estos triángulos semejantes se emplean para obtener la distancia polar K, que servirá para determinar la curva de la derivada.

La fig. 14-72 muestra la secuencia completa de los pasos necesarios para lograr la diferenciación gráfica. Nótese que sobre la escala horizontal de las derivadas se han proyectado los mismos intervalos señalados en la curva dada. El procedimiento empleado para determinar el punto P (discutido anteriormente) se aplica en el paso 1. Una recta de pendiente conocida, 12, se localiza sobre la gráfica de los datos. La pendiente máxima estimada resulta ser algo mayor de 12, así que se escoge una escala apropiada para las ordenadas, de tal manera que comprenda el valor máximo de la derivada. A partir del punto 12, sobre las ordenadas de las derivadas se traza una recta paralela a la de pendiente conocida, dibujada en la cuadrícula de la curva original. El punto de intersección entre esta recta y la prolongación del eje X es el punto P.

A continuación, se construye una serie de cuerdas sobre la curva dada; su longitud o intervalo se puede variar según se juzgue conveniente para aproximarlas lo mejor que sea posible a la curva. A partir del punto P se trazan rectas paralelas a estas cuerdas y se prolongan hasta que corten el eje Y de la gráfica de las derivadas para, así, obtener los puntos 1, 2, 3 y 4. En el paso 3 se proyectan horizontalmente estos puntos hasta que corten sus respectivos intervalos, produciéndose así una serie de barras verticales. Se traza luego una curva suave que corte la parte superior de las barras de tal manera que las áreas sobre y bajo la curva sean iguales. Esta curva representa la derivada de los datos dados. La razón de variación Y/X, para cualquier valor de X, se puede obtener directamente leyendo

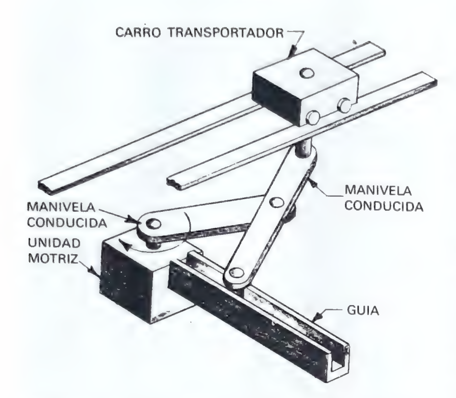


Fig. 14-74. El sistema básico de articulacion del alimentador mecánico.

sobre la curva el valor correspondiente al punto *X* en cuestion.

Este método de diferenciación gráfica se puede aplicar para encontrar la gráfica de la derivada de datos empíricos irregulares que no puedan expresarse en forma de ecuaciones comunes. La diferenciación gráfica es importante, debido a que muchos datos en ingeniería no pueden ajustarse a formas algebraicas.

14-33 APLICACIONES DE DIFERENCIACION GRAFICA

El alimentador mecánico de la fig. 14-73 convierte movimiento rotacional en movimiento lineal controlado. La fig. 14-74 muestra en forma tridimensional el sistema de articulaciones que efectúa esta operación. La fig. 14-75 presenta, en una vista ortogonal, un dibujo a escala de los componentes del mecanismo, a partir del cual se puede aplicar el análisis gráfico que determina el movimiento resultante del sistema.

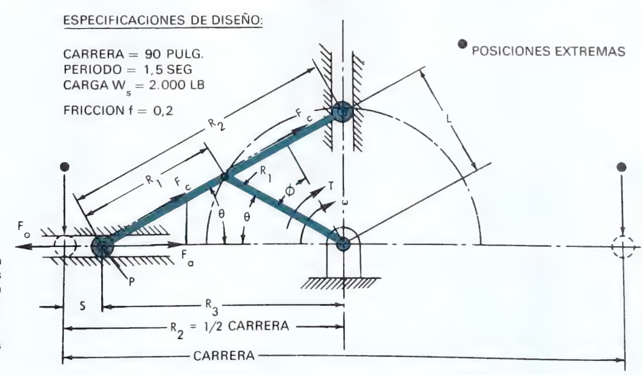


Fig. 14-75. Dibujo a escala del sistema de articulaciones del alimentador de la figura 14-73, que se usa para analizar gráficamente su movimiento. (Cortesia, con la figura anterior, de General Motors Corporation.)

R_1 = LONGITUD DE LA MANIVELA MOTRIZ
R_2 = LONGITUD DE LA MANIVELA CONDUCIDA
L = BRAZO DE PALANCA EFECTIVO
F_a = FUERZA ACELERANTE
F_c = RESULTANTE DE LA FUERZA ACELERANTE
F_o = FUERZA RETARDADORA
P = PUNTO ACELERADO
S = DESPLAZAMIENTO DE P
T = TORSION ACELERANTE
θ = ANGULO DE GIRO DE LA MANIVELA MOTRIZ
Ø = ANGULO COMPLEMENTARIO ENTRE MANIVELAS
ω = VELOCIDAD ANGULAR DE LA MANIVELA MOTRIZ

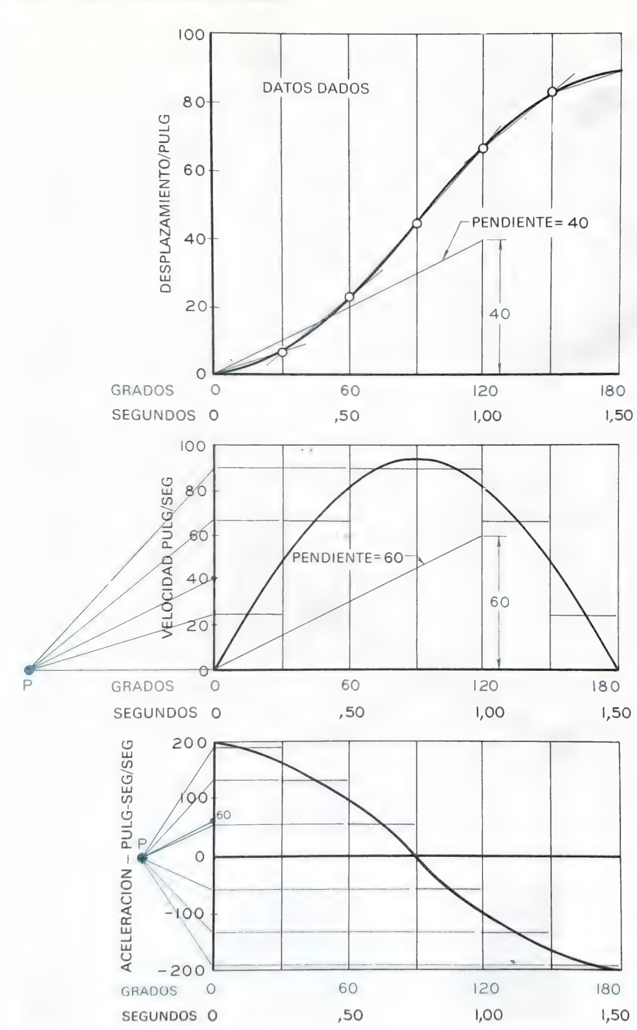


Fig. 14-76. Determinación gráfica de la velocidad y la aceleración del alimentador mecánico (fig. 14-75) mediante cálculo diferencial.

En el dibujo se localizan las posiciones extremas del punto *P*, las cuales se emplearán como punto cero en una gráfica de desplazamiento contra ángulo de rotación. Puesto que la rotación se efectúa a velocidad constante, una revolución cada tres segundos, es posible convertir directamente los grados de rotación a tiempo, como se indica en la curva de datos de la parte superior de la fig. 14-76. La manivela motriz, R_1, se rota a intervalos de 30° y para cada una de estas posiciones se grafica el recorrido del punto *P*, como se indica en la curva de datos. Esta curva presenta la relación funcional de distancia contra tiempo. Es conveniente conocer la velocidad y aceleración del carrito, según su posición, ya que estos son factores determinantes en el diseño de la unidad. La razón de cambios de la distancia recorrida con respecto al tiempo es la velocidad en las unidades correspondientes (pulgadas/segundos).

Para determinar la escala de las ordenadas en la curva de las derivadas se estima inicialmente la pendiente máxima de la curva de desplazamientos; ésta resulta ser algo menor de 100 pulg/seg. Las divisiones de esta escala se espacian convenientemente, teniendo como límite superior el valor de 100 unidades. Sobre la cuadrícula de desplazamientos se traza una recta de pendiente 40, la cual se empleará para localizar el polo *P* de la gráfica de la derivada. A partir del punto 40, sobre las ordenadas de la derivada se traza una paralela a la recta anterior; el punto *P* será el punto en donde esta línea interseque la prolongación del eje *X*. Este procedimiento de hallar el punto *P* se puede repasar en la fig. 14-71.

Sobre la curva de desplazamientos se traza una serie de cuerdas que aproximen la curva en sus diversos puntos. En este caso, se han trazado cuerdas a intervalos de 30°; sin embargo, se hubieran podido trazar a cualquier intervalo. No es necesario que los intervalos sean iguales, pero deben estar espaciados convencionalmente para que den la mejor aproximación de las razones de cambio significativas. Luego, a partir del punto *P* se trazan rectas paralelas a las cuerdas hasta que corten el eje de ordenadas de la cuadrícula de la derivada. Estos puntos se proyectan horizontalmente hasta sus respectivos intervalos, de tal manera que formen barras verticales. A través de la parte superior de cada una de las barras se traza una curva suave que promedie las barras (ver fig. 14-72). Esta curva sirve para determinar la velocidad del carrito, en pulgadas por segundo, en cualquier intervalo de tiempo.

Este tipo de análisis también se puede emplear para determinar la aceleración del alimentador en sus diversas posiciones. La construcción de la segunda derivada es bastante parecida a la de la primera. Inspeccionando la primera derivada, se puede observar un valor máximo de pendiente de 200 pulg/seg/seg. Se adopta una escala de fácil medición para las ordenadas de la gráfica de la segunda derivada. El punto *P* se halla dibujando una recta de pendiente 60 en la cuadrícula de la primera derivada y localizando este valor sobre las ordenadas de la segunda derivada; a partir de este punto se traza una paralela a la recta de pendiente 60 hasta que interseque el eje horizontal que determina el punto *P*.

Se trazan cuerdas a intervalos en la curva de la primera derivada y sus respectivas paralelas, a partir del punto *P*, hasta que corten el eje *Y* de la gráfica de la segunda derivada, en donde se proyectan horizontalmente hasta sus intervalos para formar barras verticales. Luego se traza una curva continua que promedie aproximadamente las áreas de las barras. Obsérvese que en la gráfica de aceleración aparece una escala negativa que indica desaceleración.

La aceleración máxima aparece en los puntos extremos y la mínima a 90°, en donde la velocidad es máxima. En las gráficas de aceleración y velocidad se puede observar que las partes transportadas por el alimentador sufren una aceleración bastante rápida hasta obtener la máxima velocidad a 90°, en donde empieza la desaceleración, que continúa hasta que vuelven a su estado de reposo. Nótese que, a menos que exista una relación apropiada entre la velocidad y la aceleración, las partes transportadas podrían salirse del carrito.

Los diagramas de desplazamiento de las levas pueden analizarse en forma similar para

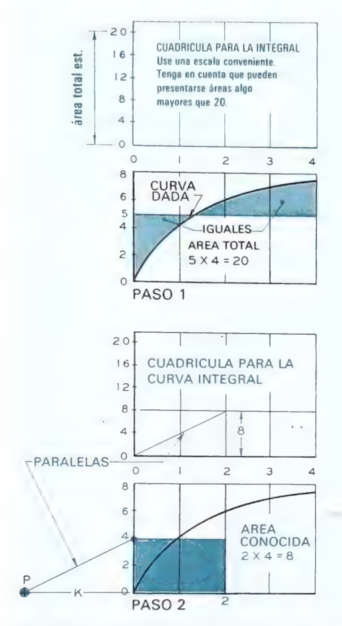


Fig. 14-77. Construcción de escalas de integración gráfica.

determinar la velocidad y aceleración del seguidor en cualquier instante durante la rotación de la leva. La velocidad y la aceleración de la biela de la fig. 14-57 también se pueden obtener por diferenciación gráfica. El proceso de integración, que se discute en la sección siguiente, puede aplicarse para obtener las curvas de datos originales a partir de las derivadas y también para encontrar áreas y volúmenes.

14-34 INTEGRACION GRAFICA

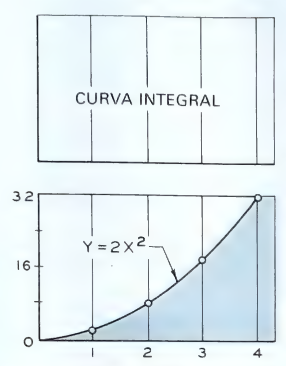
Integración es el proceso mediante el cual se determina el área (producto de dos variables) bajo una curva dada. Por ejemplo, si las unidades del eje Y son kilogramos y los del eje X metros, la curva integral dará el producto de estas variables, metro-kilogramos, para cualquier valor de X en metros. La figura 14-77 describe el método de construir escalas para integración gráfica.

Paso 1. La distancia polar K se halla por medio de triángulos semejantes en la cuadrícula de la curva inicial (datos dados). Se acostumbra colocar la curva integral sobre la curva inicial, dado que la integral será una ecuación de orden mayor; sin embargo, esta disposición no es necesaria. Como primera medida se traza una horizontal a través de la curva inicial, tal que aproxime el área total bajo la curva. Se estima que esta recta debe pasar por el valor de 5 de las ordenadas, de tal manera que las áreas sombreadas sean aproximadamente iguales. La extensión aproximada es de $4 \times 5 = 20$ unidades de área. La escala de las ordenadas para la curva integral se traza de longitud mayor a 20 unidades para dar cierto margen de exceso. Los intervalos de la escala horizontal de la curva integral se proyectan directamente de la cuadrícula de la curva inicial. La escala de las ordenadas debe elegirse de acuerdo con el tamaño de gráfica que se desee.

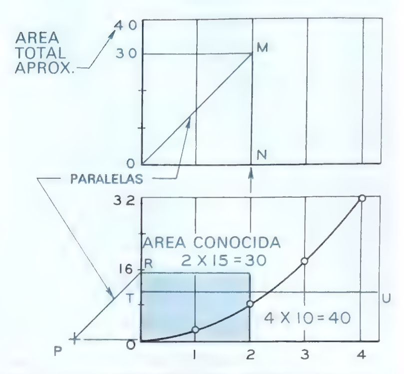
Paso 2. La ordenada en cualquier punto de la curva integral tendrá un valor numérico igual al área bajo la curva entre el origen y el punto dado. Se establece un área rectangular en la cuadrícula inicial (el rectángulo sombreado). La ordenada de la integral en su extremo derecho, el punto 2 sobre el eje X, debe ser igual al área del rectángulo 8. Se dibuja una recta entre el origen y el punto cuya ordenada es 8 en la cuadrícula integral. En la gráfica inicial se localiza el punto P trazando por el punto 4 una paralela a la recta establecida en la cuadrícula integral; esta paralela corta al eje X en el punto P. Este punto se empleará para construir la curva integral; el procedimiento es el opuesto del utilizado en diferenciación.

La técnica que se ilustra en la fig. 14-78 puede aplicarse a la mayoría de los problemas de integración. La ecuación de la curva inicial (dada) es $Y = 2X^2$, la cual puede integrarse

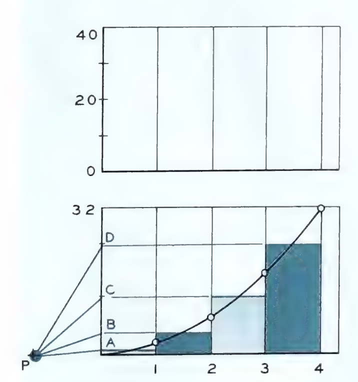
FIG. 14-78. INTEGRACION GRAFICA



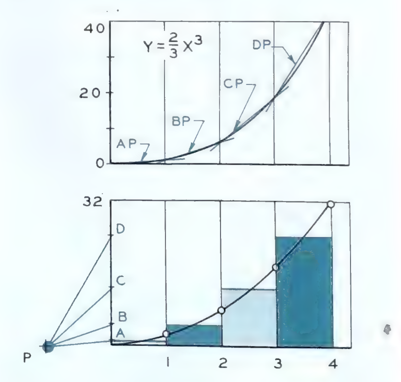
Dada: La gráfica de la ecuación $Y = 2X^2$.
Se pide: La curva integral de los datos dados.
Referencia: Sección 14-34.



Paso 1: Calcule aproximadamente el área total bajo la curva por medio de la recta *TU*; el área estimada es 40 unidades. Asigne una longitud conveniente para las ordenadas de la integral y gradúela de tal manera que se extienda hasta el valor estimado (40). Conforme un área conocida (30) en la curva dada y localice el punto *M* con una ordenada de 30 unidades en la gráfica integral. Determine el punto *P* mediante el procedimiento descrito en la fig. 14-77.



Paso 2: Señale, en la curva dada, una serie de barras verticales que representen el área bajo la curva en cada intervalo. No es necesario que estos intervalos sean iguales. Determine los puntos *A*, *B*, *C* y *D* mediante proyección horizontal de las alturas de las barras y trace las rectas *PA*, *PB*, *PC* y *PD*.



Paso 3: En la gráfica integral dibuje consecutivamente y dentro del intervalo respectivo rectas paralelas a *PA*, *PB*, *PC* y *PD*. Estas paralelas representan cuerdas de la curva integral. Dibuje esta curva a través de las intersecciones de las cuerdas. El área total bajo la curva entre cero y tres unidades se puede medir en la curva integral (18).

matemáticamente para efectos de comprobación.

En la gráfica dada se puede apreciar que el área bajo la curva es del orden de 40 unidades. Este valor viene a ser el máximo de las ordenadas de la curva integral. Se ha escogido una escala conveniente y se han asignado unidades a las ordenadas de esta curva. El punto polar *P* se halla construyendo un rectángulo de área conocida en la cuadrícula inicial y encontrando el valor de la ordenada, de la curva integral, que represente esta área. Dibujando una recta desde el origen hasta la ordenada *MN* en la cuadrícula integral y trazando una paralela a esta recta a través del punto *R*, en la cuadrícula inicial, se localiza el punto *P* en la intersección de la paralela con el eje *X*. Este procedimiento se explica en la fig. 14-77.

Se construye a intervalos una serie de barras verticales, de tal manera que aproximen el área bajo la curva en dichos intervalos. Mientras más angostas sean las barras, más exactos serán los resultados. Los extremos superiores de estas barras se proyectan horizontalmente hasta el eje *Y*, en donde estos puntos de intersección se unen mediante rectas con el punto *P*. En la cuadrícula integral, entonces, se trazan consecutivamente rectas paralelas a *AP*, *BP*, *CP* y *DP* correspondientes a los intervalos respectivos. Los puntos de intersección de estas cuerdas se unen por medio de una curva continua, o sea, la curva integral. Esta curva presenta el producto cumulativo de las variables *X* e *Y* para cualquier valor de *X*. Por ejemplo, el área bajo la curva inicial hasta $X=3$ se puede leer directamente como 18.

Integrando matemáticamente, se obtienen los siguientes resultados para el área bajo la curva entre 0 y 3:

$$\text{Area } A = \int_0^3 Y\,dX, \quad \text{en donde} \quad Y=2X^2;$$

$$A = \int_0^3 2X^2\,dX = \tfrac{2}{3}X^3\Big]_0^3 = 18.$$

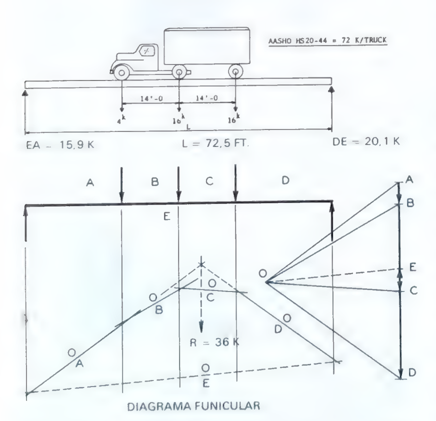


Fig. 14-79. Determinación de las fuerzas actuantes sobre una viga de un puente y su resultante total.

14-35 APLICACIONES DE INTEGRACION GRAFICA

El proceso de integración se emplea comúnmente en resistencia de materiales para efectos de determinar esfuerzos cortantes, momentos y deflexiones en vigas. La fig. 14-79 presenta un problema de este tipo; en este ejemplo, un camión ejerce una fuerza total de 36.000 lb. sobre una viga que se extiende sobre un tramo de un puente. El primer paso en la solución del problema consiste en hallar las reacciones en los apoyos de la viga. Con este objeto se dibuja a escala un diagrama espacial de la viga, junto con las cargas concentradas en sus posiciones respectivas. También se dibuja un diagrama de fuerzas, en donde se trazan los vectores secuencialmente, utilizando la notación de Bow. Este proceso se puede repasar en la sección 13-12. Una vez localizado el polo *O*, se trazan rayos hacia los extremos de los vectores. Las líneas de acción de las fuerzas, en el diagrama espacial, se prolongan al diagrama funicular en donde se trazan paralelas a los rayos del diagrama de fuerzas. Por ejemplo, una paralela a *OA* se dibuja en el intervalo *A* del diagrama funicu-

lar. La recta que cierra el diagrama funicular *OE* se lleva paralelamente al diagrama funicular a partir del punto *O* para localizar el punto *E*. El vector *DE*, 20,1 K (1 kilolibra = 1000 libras), corresponde a la reacción en el apoyo derecho y *EA*, 15,9 K, la del izquierdo. El punto de aplicación de la resultante, 36 K se localiza prolongando hasta su intersección las cuerdas *OA* y *OD* del diagrama funicular.

Del diagrama de cargas de la fig. 14-80, mediante integración se puede hallar el diagrama de esfuerzos cortantes, el cual da una indicación de los posibles puntos de falla por cizalladura. Dado que las cargas aplicadas son concentradas, el diagrama de esfuerzos estará compuesto por segmentos rectos. El diagrama de esfuerzos cortantes empieza con el valor de la reacción izquierda, 7,9 ton, trazado a escala. El valor de la primera fuerza de 2 ton, que actúa hacia abajo, se resta de este valor en el punto correspondiente a su punto de aplicación. La segunda carga de 8 ton, también ejercida hacia abajo, se sustrae de la misma manera que las 5,9 ton (7,9-2). La tercera carga de 8 ton se resta igualmente y, por último, la reacción derecha debe llevar de nuevo el diagrama al eje horizontal. Se puede observar que la viga debe diseñarse para resistir cortadura máxima en los apoyos y mínima en su punto medio.

El diagrama de momentos se emplea para apreciar las características flectoras de las cargas aplicadas en metro-kilogramos en cualquier punto a lo largo de la viga. En el diagrama de momentos, la ordenada para cualquier valor *X* representa los metro-kilogramos acumulados bajo la curva de esfuerzos y medidos a partir de cualquiera de los extremos de la viga.

El punto polar *P* se localiza en el diagrama de esfuerzos, aplicando el método descrito en la fig. 14-77. Es decir, se señala un área conocida, 30 metro-ton, en el diagrama de esfuerzos cortantes. Se estima que el área total de este diagrama es algo menos de 80 metro-ton y con este valor se elige una escala conveniente para las ordenadas del diagrama de momentos. El área conocida de 30 metro-ton se localiza en el diagrama de momentos en el punto de intersección de los valores

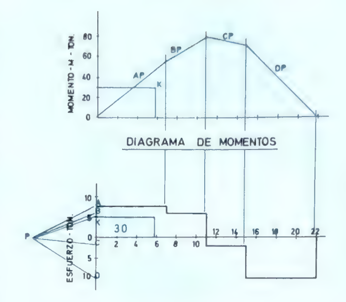




Fig. 14-80. Determinación de esfuerzos cortantes y momentos de flexión por integración gráfica.

X = 6 m e *Y* = 30, definiendo así el punto *K*. La diagonal *OK* se lleva paralelamente al diagrama de esfuerzos, en donde se dibuja a partir de la ordenada del rectángulo inicial hasta que corte la prolongación del eje *X* en el punto *P*. Las rectas *AP*, *BP*, *CP* y *DP* se obtienen uniendo el polo *P* con las ordenadas de los distintos valores de los esfuerzos cortantes. Estas rectas se transportan paralelamente al diagrama de momentos, en donde se trazan en sus intervalos respectivos, de manera que formen la línea quebrada que representa el área acumulada bajo la curva de esfuerzos en unidades m-ton. El momento máximo de flexión ocurre en el punto medio de la viga, en donde el esfuerzo cortante es cero. Según la escala, este momento es de 79 m-ton aproximadamente. La viga que se escoja para este caso debe estar en capacidad de resistir una cizalladura de 10,1 ton y un momento de flexión de 79 m-ton.

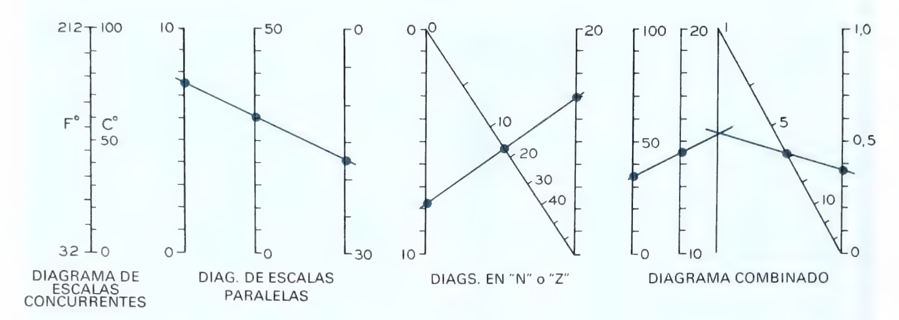


Fig. 14-81. Ejemplos de diagramas de alineamiento.

14-36 NOMOGRAFIA*

Una ayuda adicional en el análisis de datos es un computador gráfico denominado nomograma. Un *nomograma* o *diagrama numérico* es cualquier arreglo gráfico de escalas calibradas y líneas que pueda utilizarse para facilitar cálculos numéricos, especialmente aquellos de carácter repetitivo. Los nomogramas más frecuentemente usados son las gráficas lineales discutidas previamente en este capítulo

El término «nomograma» se emplea frecuentemente para designar un tipo específico de disposición de escalas denominado diagrama de alineamiento. La fig. 14-81 muestra ejemplos característicos de diagramas de este tipo. También se emplea un gran número de arreglos distintos a los mostrados, incluyendo aquellos que utilizan escalas curvilíneas en problemas más complicados. La discusión de nomogramas en este capítulo se limitará a los diagramas de conversión simple, de escalas paralelas, de tipo N y a sus variaciones.

Uso de un diagrama de alineamiento. Un diagrama de alineamiento se construye generalmente para despejar una o más incógnitas en una fórmula o relación empírica de dos o más variables; por ejemplo, para convertir grados centígrados a grados fahrenheit, para determinar las dimensiones de un elemento estructural que deba resistir cierta carga, etc. Un diagrama de alineamiento se lee colocando una regla o dibujando una recta, denominada isópleta, a través de las escalas del nomograma y anotando los valores de las escalas correspondientes a esta línea. El ejemplo de la fig. 14-82 muestra lecturas para la fórmula $U+V=W$.

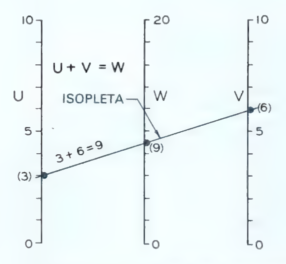


Fig. 14-82. Uso de una isópleta para despejar gráficamente una incógnita de una ecuación dada.

14-37 ESCALAS DE UN DIAGRAMA DE ALINEAMIENTO

En la construcción de cualquier escala de alineamiento, lo primero que ha de determinarse

* Las secciones 14-36 a 14-42 fueron escritas por Michael P. Guerard, del Departamento de Gráficos de Ingeniería, Texas A & M University.

Tabla 14-1

U	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
X	0	0,74	1,47	2,19	2,90	3,58	4,24	4,86	5,45	6,00

es la graduación de las escalas que se emplearán para obtener las relaciones deseadas. Las escalas de un diagrama de alineamiento se denominan *escalas funcionales*. Una escala funcional es aquella graduada según los valores de alguna *función* de una variable pero *calibrada* con los valores de la variable. En la fig. 14-83 se ilustra una escala funcional para $F(U) = U^2$. En este ejemplo se puede apreciar que, cuando se sustituye el valor $U = 2$ en la ecuación, la posición de U en la escala funcional es de 4 unidades a partir de cero, dado que $2^2 = 4$. Este proceso de sustitución se puede repetir para todos los valores de U.



Fig. 14-83. Escala funcional en donde las unidades de medida son proporcionales a $F(U) = U^2$.

Módulo de la escala. Puesto que las divisiones de la escala funcional están espaciadas proporcionalmente al valor de la función, debe existir un factor de escala o proporcionalidad. Esta constante de proporcionalidad se denomina *módulo de la escala* y está dada por la ecuación.

$$m = \frac{L}{F(U_2) - F(U_1)}, \qquad (1)$$

en donde

m = módulo de la escala en centímetros por unidad de la función,
L = longitud disponible para la escala, en centímetros,
$F(U_2)$ = valor de la función en el extremo final de la escala,
$F(U_1)$ = valor de la función en el extremo inicial de la escala.

Por ejemplo, suponga que se desea construir una escala funcional de $F(U) =$ sen U para $0° \leqslant U \leqslant 45°$, con una longitud disponible de 10 cm. Entonces, $L = 10$ cm, $F(U_2) =$ sen $45° = 0{,}707$, $F(U_1) =$ sen $0° = 0$. Por tanto, sustituyendo valores en la ecuación (1) se tiene:

$$m = \frac{6}{0{,}707 - 0} = 14{,}41 \text{ cm por unidad (seno).}$$

Ecuación de la escala. La graduación y calibración de una escala funcional se hacen mediante la *ecuación de la escala*. La forma general de esta ecuación se puede escribir como una variación de la ecuación (1), o sea:

$$X = m\,[F(U) - F(U_1)], \qquad (2)$$

en donde

X = distancia entre el punto inicial y cualquier graduación de la escala,
m = módulo de la escala,
$F(U)$ = Valor de la función en la graduación dada,
$F(U_1)$ = valor de la función en el punto inicial de la escala.

Ejemplo: Construir una escala para la ecuación mencionada anteriormente, $F(U) =$ sen U $(0° \leq U \leq 45°)$. Se sabe que $m = 14{,}41$, $F(U) =$ sen U y $F(U_1) =$ sen $0° = 0$; entonces, sustituyendo en la ecuación de la escala (2) se obtiene la ecuación:

$$X = 14{,}41\ (\text{sen } U - 0) = 14{,}41 \text{ sen } U.$$

En esta ecuación se pueden sustituir valores de U para obtener la tabla de posiciones;

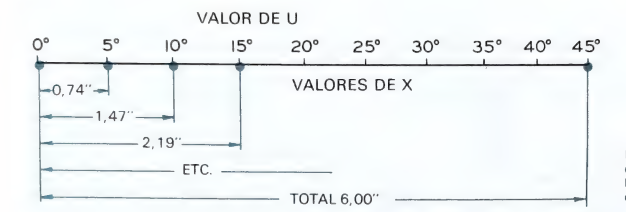


Fig. 14-84. Construcción de una escala funcional mediante los valores de la tabla 14-1, los cuales se calcularon con la ecuación de la escala.

en este caso, la escala se ha calibrado a intervalos de 5°, como se indica en la tabla 14-1.

Los valores de X en la tabla dan las posiciones, en pulgadas, de las graduaciones correspondientes, medidas a partir del punto inicial de la escala *(U=0°)*; vea la fig. 14-84. Debe anotarse que el punto de referencia para las posiciones no necesariamente debe ser uno de los extremos de la escala; sin embargo, generalmente, este es el punto más conveniente, especialmente si el valor de la función es cero en este punto.

14-38 DIAGRAMAS DE ESCALAS CONCURRENTES

Los diagramas de escalas concurrentes son apropiados para la conversión inmediata de un valor a un sistema de medida diferente. Las fórmulas del tipo $F_1=F_2$, que relacionan dos variables, se prestan para su representación en escalas concurrentes. Un ejemplo típico de este caso puede ser la relación entre las temperaturas fahrenheit y centígrada,

$$°F=\frac{9}{5}\,°C+32,$$

o el área de un círculo,

$$A=\pi r^2.$$

El diseño de un diagrama de escalas concurrentes comprende la construcción de escalas funcionales para cada lado de la fórmula matemática, de tal manera que la *posición* y las *longitudes* de las escalas coincidan. Por ejemplo, para diseñar una escala de conversión de 5" de longitud, que dé las áreas de los círculos para radios entre 1 y 10, se toman $F_1(A)=A$, $F_2(r)=\pi r^2$, and $r_1=1$, $r_2=10$.

El módulo de la escala para r será:

$$m = \frac{L}{F_2(r_2)-F_2(r_1)} = \frac{5}{\pi(10)^2-\pi(1)^2} = 0{,}0161$$

Con lo cual, el módulo de la escala r resulta:

$$\begin{aligned} Xn &= m\ [F_2(r)-F_2(r_1)] \\ &= 0{,}0161\ [\pi r^2-\pi(1)^2] \\ &= 0{,}0161\ \pi(r^2-1) \\ &= 0{,}0505\ (r^2-1). \end{aligned}$$

Tabla 14-2

r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_r	0	0,15	0,40	0,76	1,21	1,77	2,42	3,18	4,04	5,00

Tabla 14-3

A	(3,14)	50	100	150	200	250	300	(314)
X_A	0	0,76	1,56	2,36	3,16	3,96	4,76	5,00

Con esta ecuación se puede elaborar una tabla para valores de X_r y r, como se indica en la tabla 14-2. Y a partir de esta tabla se puede dibujar la escala r que aparece en la fig. 14-85. De la fórmula original, $A_r = \pi r^2$, se deducen los límites de A, es decir, $A_1 = \pi = 3{,}14$ y. $A_2 = 100\pi = 314$. Para escalas concurrentes de igual longitud, los módulos de las escalas deben ser idénticos; por tanto, $m_A = m_r = 0{,}0161$ y la ecuación de la escala para A resulta

$$X_A = m_A[F_1(A) - F_1(A_1)]$$
$$= 0{,}0161(A - 3{,}14).$$

La correspondiente tabla de valores se calcula para valores apropiados de A, como se muestra en la tabla 14-3.

Con esta tabla se puede dibujar la escala A superpuesta a la escala r; su calibración se coloca al otro lado de la línea para facilitar las lecturas (fig. 14-86). En los casos en que sea conveniente ampliar o reducir una de las escalas, se puede emplear una disposición alternativa tal como la ilustrada en la fig. 14-87. En este caso se dibujan las escalas a una distancia conveniente y se calibran en direcciones opuestas. Cuando las escalas son de longitudes diferentes, se presentarán módulos de escala diferentes para las respectivas ecuaciones de escala.

14-39 CONSTRUCCION DE DIAGRAMAS DE ALINEAMIENTO PARA TRES VARIABLES

Para una fórmula de tres funciones (de una variable cada una), el procedimiento general consiste en elegir las longitudes y posiciones de *dos* de las escalas según los rangos de las variables y el tamaño del diagrama que se desee. Estas escalas se calibran mediante la ecuación correspondiente, de acuerdo con el método de la sección anterior. La posición y calibración de la tercera escala dependerá de estas construcciones iniciales. A pesar de que existen relaciones matemáticas bien definidas para la localización de la tercera escala, se prefiere el método gráfico, dado que resulta más sencillo y con menos probabilidades de

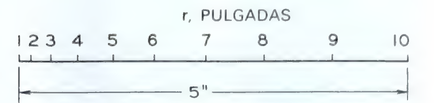


Fig. 14-85. Calibración de una de las escalas de un diagrama de escalas concurrentes mediante las cifras de la tabla 14-2.

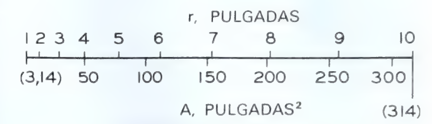


Fig. 14-86. Diagrama de escalas concurrentes completo para la fórmula $A = r^2$. Los valores de la escala A se tomaron de la tabla 15-3.

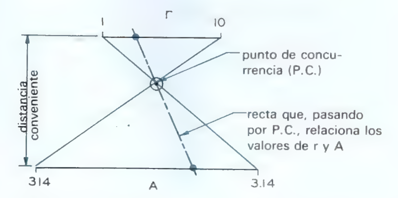


Fig. 14-87. Diagrama de escalas concurrentes para longitudes de escala diferentes.

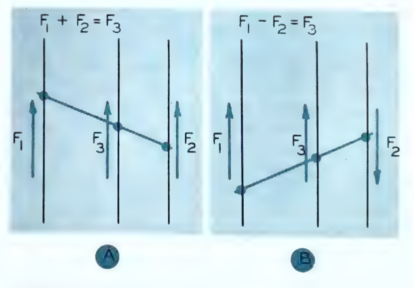


Fig. 14-88. Formas corrientes de los diagramas de alineamiento de escalas paralelas.

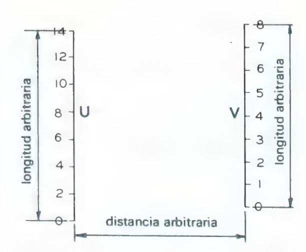


Fig. 14-89. Calibración de las escalas laterales para la representación de la fórmula $U+2V=3W$, en donde $0 \leq U \leq 14$ y $0 \leq V \leq 8$.

error. En las secciones siguientes se presentan ejemplos de varias formas que puede tomar la solución gráfica.

14-40 DIAGRAMAS DE ESCALAS PARALELAS

Un gran número de relaciones técnicas comprende tres variables que pueden evaluarse gráficamente cuando se trata de cálculos repetitivos. Cualquier fórmula del tipo $F_1+F_2=F_3$ puede representarse en un diagrama de alineamiento de escalas paralelas como el que se ilustra en la fig. 14-88A. Obsérvese que todas las escalas aumentan (funcionalmente) en la misma dirección y que la función de la escala intermedia representa la suma de las otras dos. Un cambio de dirección en cualquier escala significa un cambio de signo en la función respectiva, como lo indica la figura 14-88B correspondiente a la relación $F_1+F_2=F_3$.

La fórmula $U+2V=3W$ se empleará para ilustrar la elaboración de los diagramas de escalas paralelas; en este caso $0 \leq U \leq 14$ y $0 \leq V \leq 8$. Para empezar, es necesario determinar y calibrar las escalas exteriores de U y V; éstas se pueden construir de cualquier longitud conveniente y a una distancia adecuada, como se indica en la fig. 14-89. Estas escalas se emplean como punto de partida en la construcción por pasos que se ilustra en la figura 14-90.

Los límites de calibración de la escala intermedia se hallan uniendo los extremos de las escalas laterales y sustituyendo estos valores en la fórmula. En este caso, los valores extremos de W son 0 y 10 (paso 1). A continuación, se buscan dos pares de valores de U y V que produzcan el mismo valor de W. Por ejemplo, $W=5$ cuando $U=0$ y $V=7{,}5$ y también cuando $U=14$ y $V=0{,}5$. Esto debe verificarse en la fórmula antes de continuar la construcción. La intersección de las isópletas, que unen cada par de puntos, establece la posición de la escala W.

Puesto que la escala W es lineal ($3W$ es una función lineal), se puede subdividir en intervalos uniformes por los métodos generalmente empleados para dividir una recta en partes iguales (paso 2). Cuando la escala no es lineal, se puede hallar el módulo de la escala (y su ecuación) sustituyendo su longitud y sus valores extremos en la ecuación (1) de la sección 14-37. Las escalas se pueden emplear para hallar un gran número de soluciones, siempre y cuando se conozcan dos de las variables, como se muestra en el paso 3.

Diagramas de escalas paralelas logarítmicas. Los problemas que impliquen fórmulas del tipo $F_1 \times F_2=F_3$ pueden resolverse mediante un procedimiento análogo al del ejemplo de la fig. 14-90 cuando se emplean escalas logarítmicas. Un ejemplo de este tipo es la fórmula $R=S\sqrt{T}$, en la cual $0{,}1 \leq S \leq 1{,}0$ y $1 \leq T \leq 100$. Tome la longitud de las escalas igual a 6″. Es conveniente que estas escalas sean iguales, aunque no es indispensable. La fórmula anterior se puede convertir a la forma conveniente, tomando logaritmos comunes a ambos lados; esto es,

$$\log R=\log S+\tfrac{1}{2}\log T.$$

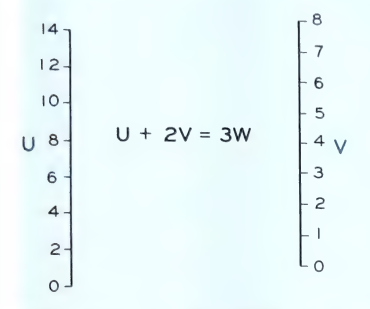
De esta manera, se obtiene $F_1(S)+F_2(T)=F_3(R)$, en donde

$$F_1(S)=\log S,$$
$$F_2(T)=\tfrac{1}{2}\log T,$$
$$F_3(R)=\log R.$$

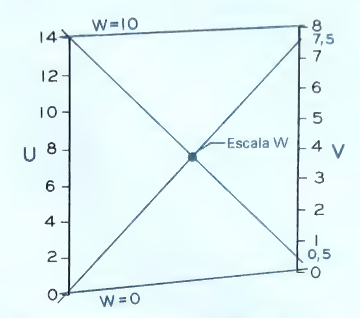
De la ecuación (1) se obtiene el módulo de la escala de $F_1(S)$

$$m_S=\frac{6}{\log 1{,}0-\log 0{,}1}=\frac{6}{0-(-1)}=6$$

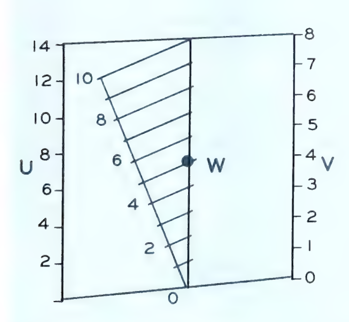
FIG. 14-90. DIAGRAMA DE ESCALAS (LINEALES) PARALELAS



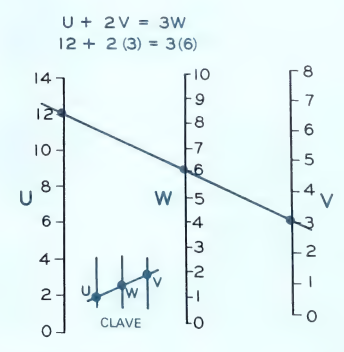
Dadas: La ecuación $U+2V=3W$ y las escalas laterales construidas en la fig. 14-89.
Se pide: Construir un diagrama de escalas paralelas que solucione la fórmula dada.
Referencia: Secciones 14-36 a 14-40.



Paso 1: Sustituya en la fórmula los valores extremos de U y V, con el fin de establecer los límites de la escala W. Estos valores son $W=10$ y $W=0$. Busque dos pares correspondientes de valores de U y V que produzcan el mismo valor de W. Por ejemplo, cuando $U=0$ y $V=7{,}5$ y cuando $U=14$ y $V=0{,}5$, el valor de W es 5. Una con rectas estos dos pares de valores; la intersección de estas líneas establece la posición de la escala W.



Paso 2: Dibuje la escala W paralelamente a las escalas laterales; su longitud está determinada por las rectas anteriormente trazadas para $W=0$ y $W=10$. Divida gráficamente esta escala en 10 partes iguales, dado que es lineal y debe contener 10 divisiones. El método de división gráfica de la escala W se puede repasar en la sección 5-8.



Paso 3: El diagrama final se puede emplear, como se ilustra, tomando los valores de las dos variables conocidas y uniéndolos mediante una isópleta para determinar la incógnita. Se recomienda incluir una clave para ilustrar la manera de emplear el nomograma. En la figura se usa un ejemplo ($U=12$ y $V=3$) para verificar la exactitud de la gráfica.

y de la ecuación (2) se obtiene la ecuación de la escala, tomando como punto inicial $S = 0{,}1$

$$X_S = 6\ (\log S - \log 0{,}1) = 6\ (\log S + 1)$$

De manera análoga, el módulo de $F_2(T)$ resulta

$$m_T = \frac{6}{\frac{1}{2}\log 100 - \frac{1}{2}\log 1} = \frac{6}{\frac{1}{2}(2) - \frac{1}{2}(0)} = 6,$$

y la ecuación de la escala, midiendo a partir de $T = 1$;

$$X_T = 6\ (\tfrac{1}{2}\log T - \tfrac{1}{2}\log 1) = 3\log T.$$

Las tablas de posiciones para estas ecuaciones de escala aparecen en las tablas 14-4 y 14-5. Estas escalas estarán separadas a una distancia de 5'', como se indica en la figura 14-91, e irán graduadas según los valores de las tablas 14-4 y 14-5. En la fig. 14-92 se representa el procedimiento secuencial empleado para construir el resto del nomograma a partir de las dos escalas establecidas en esta parte.

De la fórmula $R = S\sqrt{T}$ se obtienen los valores extremos de R, los cuales son $R = 1{,}0\sqrt{100} = 10$ y $R = 0{,}1\sqrt{1} = 0{,}1$. Para un valor de $R = 1{,}0$, resultan los pares S, T correspondientes, $S = 0{,}1$, $T = 100$ y $S = 1{,}0$, $T = 1{,}0$. La escala intermedia se sitúa en el punto de intersección de las isópletas que unan estos pares de valores. La escala R se traza paralela a las laterales y se calibra según el módulo

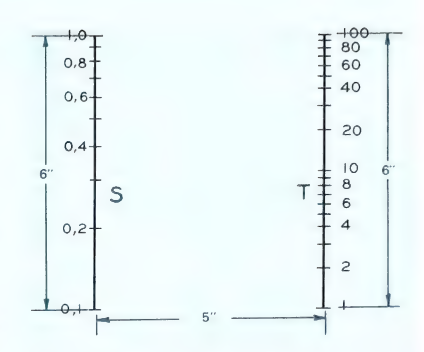


Fig. 14-91. Calibración de las escalas laterales de la fórmula $R = S\sqrt{T}$, en donde $0{,}1 \leq S \leq 1{,}0$ y $1 \leq T \leq 100$.

$$m_R = \frac{6}{\log 10 - \log 0{,}1} = \frac{6}{1 - (-1)} = 3.$$

Su ecuación de escala (tomando $R = 0{,}1$ como punto inicial) es

$$X_R = 3\ (\log R - \log 0{,}1) = 3\ (\log R + 1{,}0).$$

Tabla 14-4

S	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
X_S	0	1,80	2,88	3,61	4,19	4,67	5,07	5,42	5,72	6,00

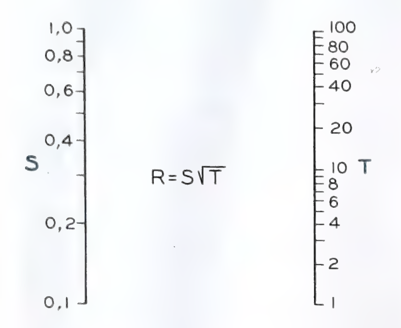
Tabla 14-5

T	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	100
X_T	0	0,91	1,80	2,33	2,71	3,00	3,91	4,81	5,33	5,77	6,00

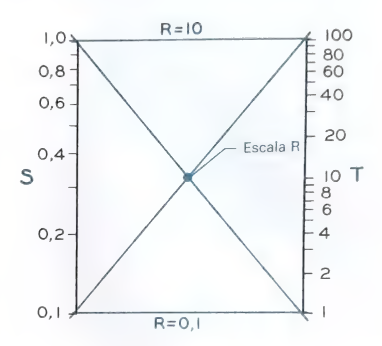
Tabla 14-6

R	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
X_R	0	0,91	1,80	2,33	2,71	3,00	3,91	4,81	5,33	5,71	6,00

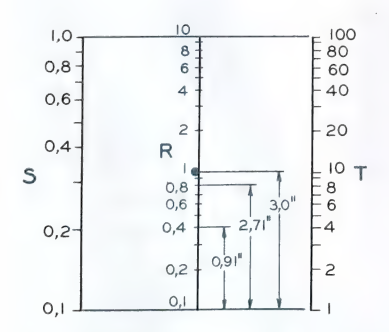
FIG. 14-92. DIAGRAMA DE ESCALAS (LOGARITMICAS) PARALELAS



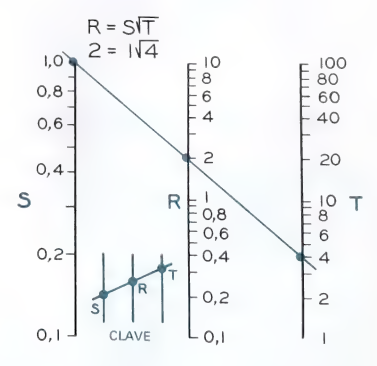
Dadas: Las escalas laterales determinadas en la fig. 14-91.
Se pide: Construir un diagrama de escalas paralelas para resolver la ecuación $R = S\sqrt{T}$.
Referencia: Sección 14-40.



Paso 1: Una los valores extremos de las escalas laterales para definir los límites de la escala *R*, *R* = 10 y *R* = 0,1. Busque pares de valores correspondientes de *S* y *T* tales que produzcan el mismo valor de *R*. Los pares *S* = 0,1, *T* = 100 y *S* = 1,0, *T* = 1,0 producen un valor *R* = 1,0. Conecte estos pares con el fin de establecer la posición de la escala *R*.



Paso 2: Dibuje la escala *R* tal que se extienda entre los valores 0,1 y 1,0. Calibre esta escala, utilizando los valores de su ecuación de escala (tabla 14-6). La graduación resultante es una escala logarítmica de dos ciclos.



Paso 3: Rotule el nomograma y dibuje la clave de utilización. En esta gráfica se ha trazado una isópleta entre los valores *S* = 1,0 y *T* = 4, con el fin de hallar el valor *R* = 2, el cual coincide con el resultado matemático y, de esta manera, verificar la exactitud de la gráfica.

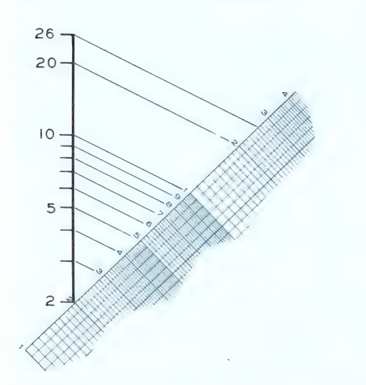


Fig. 14-93. Calibración gráfica de una escala, utilizando papel logarítmico.

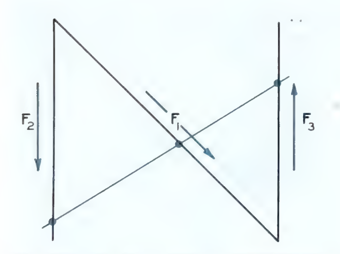


Fig. 14-94. Diagrama tipo «N» para representar ecuaciones de la forma $F_1 = F_2/F_3$.

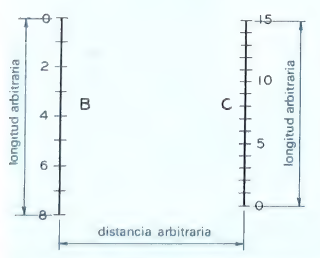


Fig. 14-95. Calibración de las escalas laterales del nomograma en «N» correspondiente a la ecuación $A = (B+2)/(C+5)$.

Los valores calculados de esta escala aparecen en la tabla 14-6. Estos valores se miden sobre la escala R en la forma indicada en el paso 2. El nomograma completo se puede utilizar para calcular el valor de una variable cuando se conocen las otras dos, según se ilustra en el paso 3.

Observe que este ejemplo ilustra un método general de obtener un diagrama de escalas paralelas para todas las fórmulas del tipo $F_1 + F_2 = F_3$, mediante el empleo de la tabla de valores calculados a partir de la ecuación de la escala. Es posible, por medio de un procedimiento alternativo, calibrar gráficamente la escala central una vez que se tienen sus valores extremos. La fig. 14-93 ilustra un ejemplo del método gráfico, en el cual se calibra la escala mediante ampliación o reducción gráfica de las porciones convenientes de una escala logarítmica impresa, disponible en cualquier hoja de papel logarítmico.

14-41 DIAGRAMAS EN N O Z

En los casos en que F_2 y F_3 son funciones lineales, se puede evitar parcialmente el uso de escalas logarítmicas para fórmulas del tipo

$$F_1 = \frac{F_2}{F_3};$$

en cambio, se emplean los diagramas en N tal como el ilustrado en la fig. 14-94. Las escalas laterales de la N son escalas funcionales y, por tanto, serán lineales si F_2 y F_3 lo son. Si esta misma fórmula se dibujara en un diagrama de escalas paralelas, todas las escalas tendrían que ser logarítmicas.

Algunas características importantes de los diagramas en N son:

1. Las escalas laterales son escalas paralelas funcionales de F_2 y F_3.
2. Estas escalas aumentan (funcionalmente) en direcciones *opuestas*.
3. La escala diagonal conecta los *ceros* (funcionales) de las escalas laterales.
4. La escala diagonal, generalmente, no es funcional, dado que F_1, de ordinario, no es lineal.

La construcción de un diagrama en N se simplifica por el hecho de que la localización

de la escala intermedia (diagonal) es menos complicada que en el caso de escalas paralelas. La calibración de la escala diagonal es mucho más fácil cuando se emplean métodos gráficos. Como ejemplo, se va a construir una escala para la ecuación

$$A = \frac{B+2}{C+5},$$

en donde $0 \leq B \leq 8$ y $0 \leq C \leq 15$. Esta ecuación se adapta a la forma

$$F_1 = \frac{F_2}{F_3},$$

en donde $F_1\ (A) = A$, $F_2\ (B) = B+2$ y $F_3\ (C) = C+5$. Por consiguiente, las escalas laterales corresponderán a $B+2$ y $C+5$ y la escala diagonal a A.

Al igual que en el caso de escalas paralelas, la construcción se inicia seleccionando la disposición de las escalas laterales (fig. 14-95) y, como en el caso anterior, los límites de la escala diagonal se determinan uniendo los puntos extremos de las escalas laterales, obteniéndose $A=0{,}1$ para $B=0$ y $C=15$, y $A=2{,}0$ para $B=8$ y $C=0$, como se indica en la porción dada de la fig. 14-96. El resto de la construcción se indica en forma secuencial en la figura. La posición de la escala diagonal está determinada por los ceros funcionales de las escalas laterales, esto es, por los puntos en donde $B+2=0$, o sea $B=-2$ y $C+5=0$, o sea $C=-5$. La escala diagonal se traza conectando estos puntos como se indica en el paso 1. La calibración de esta escala se facilita utilizando la fórmula. Tome como referencia el límite superior de una de las escalas laterales; por ejemplo, $B=8$. Para este valor, la fórmula es

$$A = \frac{10}{C+5}.$$

Resuelva esta ecuación para la variable de la otra escala lateral; es decir,

$$C = \frac{10}{A} - 5.$$

Utilizando esta expresión como ecuación de escala, elabore una tabla de valores para las graduaciones deseadas de A y sus correspondientes valores de C (hasta el límite superior de C en el diagrama), tal como se indica en la tabla 14-7. Trace isópletas desde $B=8$ hasta los valores tabulados de C; sus intersecciones con la diagonal producen las graduaciones requeridas para aproximadamente la mitad de la escala diagonal, como se ilustra en el paso 2 de la fig. 14-96.

El resto de la escala diagonal se calibra sustituyendo en la fórmula inicial el valor extremo de la escala lateral ($C=15$) para obtener

$$A = \frac{B+2}{20}$$

Despejando B, se obtiene

$$B = 20A - 2.$$

La tabla para los valores deseados de A se obtiene cómo se aprecia en la tabla 14-8. Las isópletas que unen $C=15$ con los valores tabulados de B localizarán el resto de las calibraciones de la escala A como se muestra en el paso 3.

14-42 COMBINACIONES DE DIAGRAMAS DE ALINEAMIENTO

Los diversos tipos de diagramas discutidos anteriormente pueden utilizarse en combinación para representar diferentes tipos de fórmulas. Por ejemplo, las fórmulas de tipo $F_1/F_2 = F_3/F_4$ (cuatro variables) pueden repre-

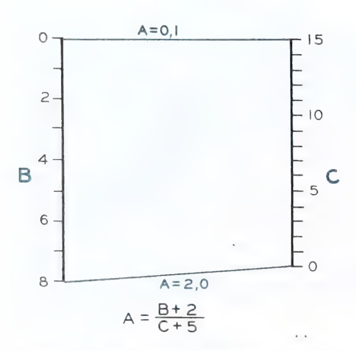
Tabla 14-7

A	2,0	1,5	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
C	0	1,67	5,0	6,11	7,50	9,28	11,7	15,0

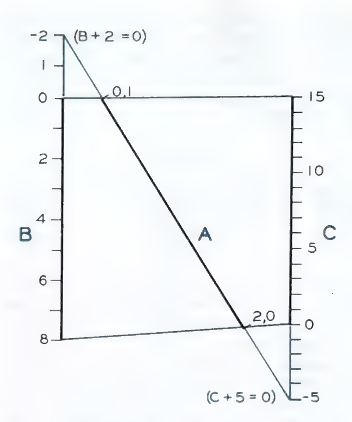
Tabla 14-8

A	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
B	8,0	6,0	4,0	2,0	0

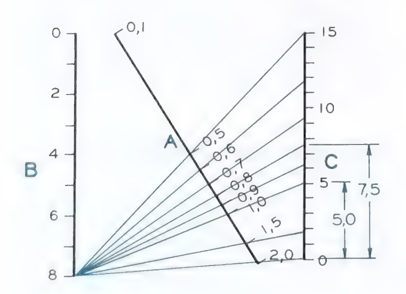
FIG. 14-96. CONSTRUCCION DE UN DIAGRAMA EN «N»



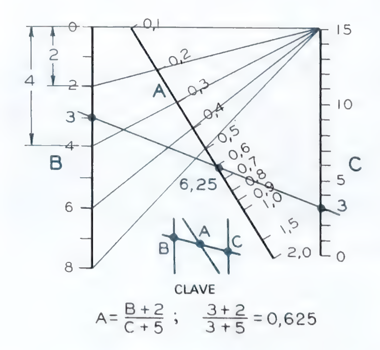
Dadas: Las escalas laterales determinadas en la fig. 14-95.
Se pide: Completar el nomograma en «N» para la fórmula $A = (B+2)/(C+5)$.
Referencia: Sección 14-41.



Paso 1: Establezca la escala diagonal localizando los ceros funcionales de las escalas laterales. Esto se logra igualando a cero las expresiones $B+2$ y $C+5$, lo cual localiza los ceros en $B = -2$ y $C = -5$. La recta que une estos puntos forma la escala diagonal A.



Paso 2: En la ecuación dada sustituya el límite superior de una de las escalas laterales, $B = 8$ en este caso, y halle la serie de valores de C correspondientes a los valores que se deseen de A, como se indica en la tabla 14-7. Para calibrar la escala A, trace isópletas desde $B = 8$ a los valores de C.



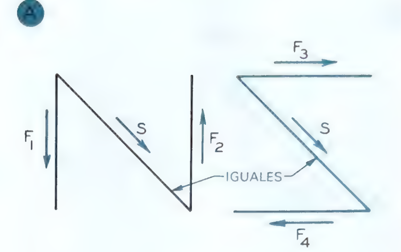
Paso 3: Calibre el resto de la escala A de forma análoga, sustituyendo ahora el límite superior de la otra escala lateral ($C = 15$) en la ecuación dada y halle una serie de valores de B para las graduaciones deseadas en A; esto se hace en la tabla 14-8. Para calibrar la escala A, trace isópletas desde $C = 15$, como se ilustra. Dibuje la clave de utilización. Resuelva un ejemplo para verificar la exactitud del nomograma.

sentarse mediante dos diagramas en N mediante una función auxiliar, es decir:

$$\frac{F_1}{F_2} = S \quad \text{y} \quad S = \frac{F_3}{F_4}.$$

Estas fórmulas se pueden representar como se ilustra en la parte A de la fig. 14-97, en donde una de ellas se ha invertido y se ha rotado 90°. De esta manera, los diagramas se pueden superponer cuando las escalas S son iguales, como se muestra en la parte B. La escala S no necesita calibración, ya que es una escala auxiliar que sólo contiene puntos intermedios que no pertenecen a la fórmula dada. La lectura del diagrama se efectúa con dos isópletas que conectan los puntos correspondientes a los cuatro valores de las variables y se cortan sobre la escala S, como se indica en el paso 3. Esta clase de nomograma también se denomina *diagrama racional*.

Las fórmulas del tipo $F_1 + F_2 = F_3F_4$ se representan en forma análoga. Como en el caso anterior, se emplea una función auxiliar tal que: $F_1 + F_2 = S$ y $S = F_3\,F_4$. Estas ecuaciones se reorganizan en las formas $F_2 = S\text{-}F_1$ y $F_3 = S/F_4$, las cuales son convenientes para la aplicación del principio de superposición. De esta manera, las ecuaciones toman la forma de un diagrama de escalas paralelas y de uno en N, respectivamente, como se muestra en la parte A de la figura. Lo mismo que en el caso anterior, las escalas S deben ser iguales, pero no necesitan calibración. En la parte B de la figura aparecen los diagramas superpuestos. La escala S se emplea como punto de intersección de las dos isópletas, como se ilustra en la parte C. Es posible obtener muchas otras combinaciones de diagramas, dependiendo tan sólo del ingenio del graficador en la adaptación de fórmulas y escalas a sus necesidades. La fig. 14-99 muestra un ejemplo bastante complicado de nomogramas compuestos. Este nomograma se emplea para determinar la velocidad máxima que puede alcanzar un camión que transporta una carga dada y conservar a la vez la efectividad de su sistema dinámico de frenos. En aplicaciones industriales se emplean muchos gráficos de este tipo.



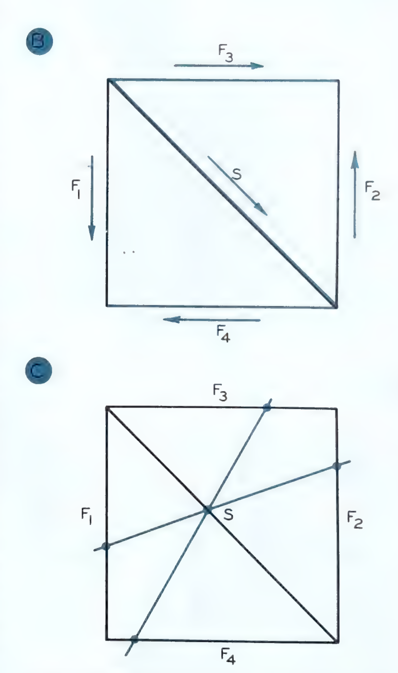


Fig. 14-97. Método para combinar dos diagramas tipo «N», empleando escalas auxiliares (S) idénticas. $F_1/F_2 = F_3/F_4$.

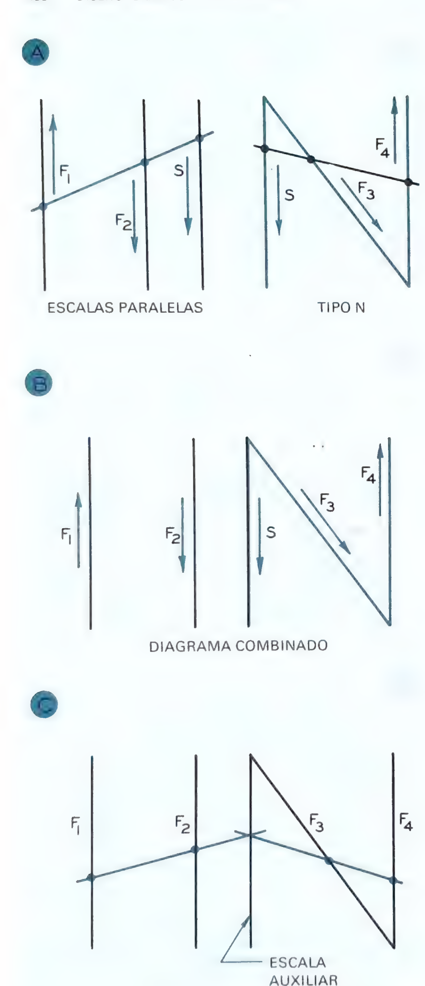


Fig. 14-98. Método de combinación de un diagrama de escalas paralelas y un tipo «N», utilizando escalas auxiliares (*S*) idénticas.

14-43 RESUMEN

A través del proceso de diseño, las gráficas han sido el principal agente de creatividad. Los bosquejos, gráficas y diagramas se emplearon para identificar el problema; los dibujos a mano alzada se elaboraron para establecer las ideas preliminares; estas ideas se perfeccionaron gráficamente y luego los diseños se analizaron en cuanto a factibilidad, antes de elegir la solución óptima. El proceso evolutivo sería virtualmente imposible sin que se registrara o estimulara el proceso mental mediante las aplicaciones de las gráficas. Durante este proceso, el diseñador se guía por su conocimiento de propiedades físicas, principios de ingeniería y limitaciones de manufactura, aun cuando no permite que estas limitaciones restrinjan su pensamiento o imaginación durante la etapa de desarrollo creativo. El enfrentamiento real con los principios físicos, matemáticos y científicos ocurre en la etapa de análisis del proceso de diseño. Muchos de los datos obtenidos en ensayos de prototipos y experimentos de laboratorio serán del tipo numérico. Estos datos deben analizarse con el fin de obtener una imagen total del diseño propuesto.

En este capítulo se discutieron diversos aspectos de análisis gráfico de datos y componentes. Estos aspectos comprenden gráficas, datos empíricos, mecanismos, cálculo gráfico y nomografía. Cada una de estas áreas se puede evaluar empleando métodos matemáticos y analíticos formales; sin embargo, los métodos gráficos se aplican a éstos y a muchos otros casos y en algunos de ellos constituyen el mejor método de solución.

Aunque los métodos convencionales de ingeniería probablemente se emplean en la etapa de análisis del proceso de diseño con mayor extensión que en cualquier otra, los métodos gráficos también se pueden aplicar en esta fase con grandes ventajas. El ingeniero o técnico debe poseer un conocimiento adecuado de las aplicaciones de las gráficas, para poder emplear este valioso método en la solución de problemas.



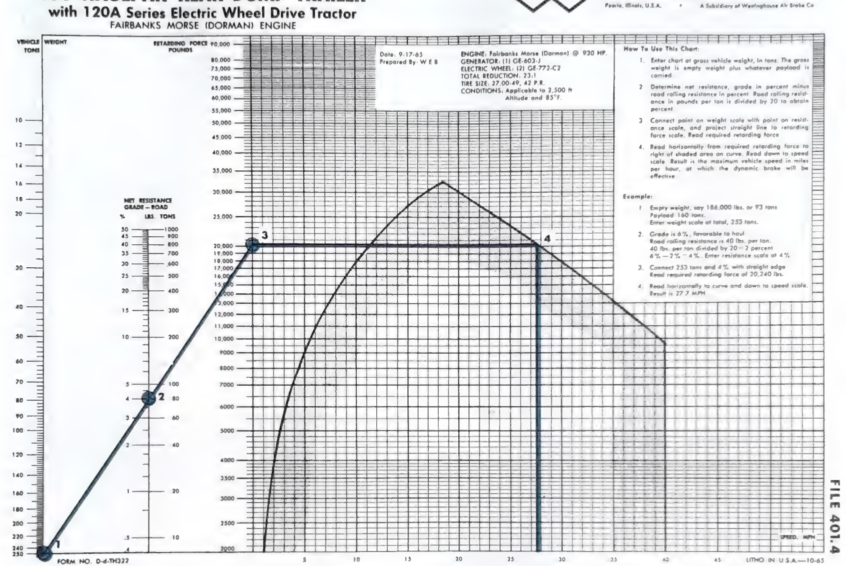


Fig. 14-99. Diagrama compuesto empleado para determinar la velocidad permisible con un sistema particular de frenos. (Cortesía de Le Tourneau-Westinghouse Company.)

PROBLEMAS

Generalidades

Los siguientes problemas deben resolverse en papel de 21 × 28 ó 28 × 42. Los problemas de gráficas se pueden resolver en papel comercial o en cuadrículas elaboradas por el estudiante. Los problemas que comprenden construcciones geométricas y cálculos matemáticos deben presentar todos los detalles como parte del problema para referencia futura. Si los cálculos matemáticos son muy extensos deben presentarse en hoja aparte. En los siguientes problemas se deben seguir las prácticas recomendadas en cuanto a caligrafía legible y dibujo; se deben incluir las anotaciones y construcciones que expliquen completamente el método de solución.

Tabla 14-9

	Maestrías	Doctorados
1920	5.100	1.700
1930	14.700	3.100
1940	24.500	4.500
1950	64.000	7.800
1960	73.000	9.700
1965	102.000	15.200

Tabla 14-10

	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980
Oferta	80	80	110	135	155	240	270	315	380	450
Demanda	35	35	60	80	110	125	200	320	410	550

Tabla 14-11

Angulo con la vertical	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Iluminación (miles de bujías) 2-400W	37	34	25	12	5,5	2,5	2	0,5	0,5	0,5
Iluminación (miles de bujías) 1-1000W	22	21	19	16	12,3	7	3	2	0,5	0,5

Tabla 14-12

F	100	200	500	1000	2000	5000	10.000
A(1)	0,0028	0,002	0,0015	0,001	0,0006	0,0003	0,00013
A(2)	0,06	0,05	0,04	0,03	0,018	0,004	0,001

Gráficas

1. Empleando los datos de la tabla 14-9, elabore una gráfica rectangular que compare el número de títulos otorgados en su país desde 1920 hasta 1965. Con estos datos, estime las predicciones para el período 1965 a 1980.

2. Con los datos de la tabla 14-10, elabore una gráfica rectangular que compare la oferta y la demanda de agua en su país durante el período 1890-1980. Los datos están en millones de metros cúbicos de agua por día.

3. Analice los datos de la tabla 14-11 para decidir el tipo de lámparas que suministre la iluminación más económica para una planta industrial. Usted debe elegir entre el empleo de bombillas sencillas de 1000 vatios o pares de bombillas de 400 vatios. Los datos empíricos dan la intensidad de iluminación directamente bajo las lámparas (0°) y a varios ángulos con la vertical para lámparas montadas a 25 de altura, como se indica en la figura 14-100.

4. Empleando los datos de la tabla 14-12, construya una gráfica logarítmica en donde las ordenadas representen la amplitud (*A*) y las abscisas la frecuencia (*F*) de vibración. Los datos de la curva 1 representan los límites máximos permisibles (maquinaria en buenas condiciones y sin peligro de vibraciones). Los

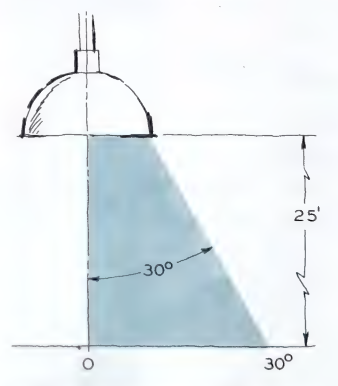


Fig. 14-100. Medición angular de la iluminación bajo una lámpara (problema 3).

datos de la curva 2 representan los límites inferiores de vibración perjudicial (maquinaria que vibra excesivamente). Utilice una escala vertical de tres ciclos y una horizontal de dos.

5. Con los datos de la tabla 14-13, construya una gráfica rectangular para representar los salarios de ingenieros a partir de su graduación. Estos sueldos se dan en promedios para deciles (intervalos de 10%) y cuartiles (intervalos de 25 %). Grafique cada uno de estos en curvas diferentes.

6. Dibuje una gráfica semilogarítmica de los datos del problema 5, utilizando la mediana para determinar las razones de aumento durante el mismo período de tiempo.

7. Elabore una gráfica semilogarítmica en donde se comparen las razones relativas de aumento del número de títulos otorgados en el problema 1.

8. Elabore una gráfica logarítmica con los datos de la tabla 14-14, con el fin de obtener la curva que represente el número máximo permisible de puestas en marcha por minuto de motores de inducción de diversas potencias que funcionan a 1800 RPM. La ordenada es el número de arrancadas por minuto (S) y la abscisa la potencia nominal del motor (HP).

9. Construya una gráfica de barras que describa el desempleo de graduados y deserciones de escuela secundaria en varios grupos de edad. La tabla 14-15 indica los grupos de edades y el porcentaje de desempleo en cada categoría.

10. Elabore una gráfica de barras que compare el número de trabajadores calificados según su ocupación. Disponga la gráfica de tal manera que facilite su interpretación y la comparación de ocupaciones. Utilice los siguientes datos: carpinteros, 82.000; mecánicos generales, 310.000; plomeros, 350.000; albañiles, 200.000; mantenimiento de artefactos, 185.000; mecánicos automotrices, 760.000; electricistas, 380.000; pintores, 400.000.

11. Prepare un diagrama de sectores circulares para comparar las áreas de empleo de jóvenes entre 16 y 21 años, según los siguientes datos:

Tabla 14-13

Años desde la graduación	0	5	10	15	20	25	30
Decil superior	9.800	13.000	17.500	20.500	22.500	23.800	25.000
Cuartil superior	8.700	11.900	15.000	17.000	19.000	19.200	18.700
Mediana	8.000	10.500	13.000	14.500	15.800	15.200	15.000
Cuartil inferior	7.500	9.750	11.500	12.800	13.000	12.700	12.200
Decil inferior	7.000	8.900	10.000	11.000	11.400	11.000	10.500

Tabla 14-14

S	2,1	1,05	0,85	0,5	0,45	0,18	0,14
HP	1	5	10	50	100	500	1000

Tabla 14-15

Edades	Porcentaje de desempleados	
	Graduados	Desertores
16-17	18	22
18-19	12,5	17,5
20-21	8	13
22-24	5	9

Tabla 14-16

A	*X*	0	40	80	120	160	200	240	280			
	Y	4,0	7,0	9,8	12,5	15,3	17,2	21,0	24,0			
B	*X*	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	
	Y	1,5	2,4	3,3	6,0	9,2	15,0	23,0	24,0	60,0	85,0	
C	*X*	1	5	10	50	100	500	1000				
	Y	3	10	19	70	110	400	700				
D	*X*	2	4	6	8	10	12	14				
	Y	6,5	14,0	32,0	75,0	115,0	320	710				
E	*X*	0	2	4	6	8	10	12	14			
	Y	20	34	53	96	115	270	430	730			
F	*X*	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Y	1,8	2,1	2,2	2,5	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	5,0

Tabla 14-17

I	20	30	40	45
V	0,8	1,3	1,75	1,85

Tabla 14-18

I	2000	1840	1640	1480	1300	1120	10.000
C	1	2	5	10	20	50	100

Tabla 14-19

rms	7500	5200	4400	3400	2300	1700
pdc	3	6	9	15	30	60

Tabla 14-20

F	60	100	200	600	2000	3000
C	1,8	0,36	1,1	6,3	42	81

operarios 25 %; expertos 9 %; profesionales, técnicos y administradores 6 %; empleados y vendedores 17 %; servicio militar 11 %; agricultores 11 %; obreros 19 %.

12. Elabore un diagrama circular que relacione los siguientes miembros del equipo científico y técnico: ingenieros 985.000; técnicos 932.000; científicos 410.000

Datos empíricos

13. Los datos que se muestran en la tabla 14-16 (A hasta F) se han tabulado a partir de ensayos experimentales de laboratorio. Localice estos datos en una gráfica rectangular, una logarítmica y una semilogarítmica y determine su ecuación empírica. Elija la gráfica adecuada para cada conjunto de datos.

14. Los siguientes datos empíricos comparan voltaje *V* y corriente *I* de entrada a una bomba termoeléctrica. Halle la ecuación de los datos de la tabla 14-17.

15. La tabla 14-18 presenta datos empíricos que relacionan la corriente máxima permisible

Tabla 14-21

Caída de presión	1,1	4,2	9,0	17,0	26,0	100,0
Caudal	200	400	600	800	1000	2000

Tabla 14-22

S	2,1	1,05	0,85	0,5	0,45	0,18	0,14
HP	1	5	10	50	100	500	1000

(*I*) en amperios con el tiempo de operación en sobrecarga en ciclos a 60 ciclos por segundo (*C*). Grafique *I* sobre el eje *Y* y *C* sobre el eje *X*. Determine la ecuación para estos datos.

16. Los datos empíricos de la tabla 14-19 presentan la carga máxima (rms) durante el proceso de soldadura contra el porcentaje de ciclo activo (pca) de un interruptor automático de una máquina de soldar. Determine la ecuación para estos datos. Grafique rms sobre el eje *Y* y pca sobre *X*.

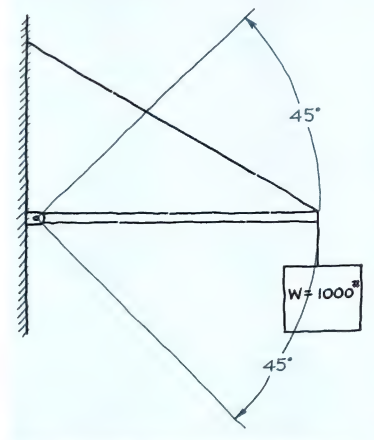


Fig. 14-101. Análisis empírico de esfuerzos (problema 20).

17. La tabla 14-20 da valores de pérdidas en el núcleo (*C*) en vatios por kg y frecuencia (*F*) en hertz de un transformador eléctrico. Tome *C* sobre el eje *Y* y *F* sobre *X*. Determine la ecuación para los datos.

18. Algunos ensayos de laboratorio han producido los datos de la tabla 14-21, en los cuales se presenta la caída de presión (metros de líquido) contra el caudal (litros por minuto) a través de una válvula de 10 cm. Grafique la caída de presión (ordenadas) contra el caudal (abscisas). Determine la ecuación de estos datos.

19. Determine la ecuación de los datos empíricos de la tabla 14-22, en la cual se da el número permisible de arrancadas por minuto en motores de inducción de 1800 rpm. La ordenada será el número de puestas en marcha (*S*) y la abscisa la potencia nominal del motor (HP).

20. Construya una gráfica empírica que muestre la relación entre los esfuerzos en el cable y la posición del pescante de carga de la figura 14-101 mediante la determinación de esfuerzos a intervalos angulares. Este problema es bastante parecido al de la fig. 14-68. Trace los diagramas de esfuerzos en un número adecuado de posiciones y obtenga los esfuerzos. El pescante puede moverse entre las posiciones extremas de 45° sobre y bajo la horizontal, como se indica.

Mecanismos

21. Diseñe y analice el sistema de articulaciones de la válvula de seguridad que aparece en la fig. 14-102. Emplee el conjunto de dimensiones que le sea asignado. Determine las *dimensiones faltantes* del tal manera que el mecanismo opere dentro de los límites establecidos. Presente el análisis gráfico y el diseño del sistema en una hoja de dibujo de 28 × 42 cm.

22. Localice los puntos de pivote y la longitud de las articulaciones del mecanismo de sujeción de la fig. 14-103 de tal manera que la barra se eleve 90° con un movimiento de

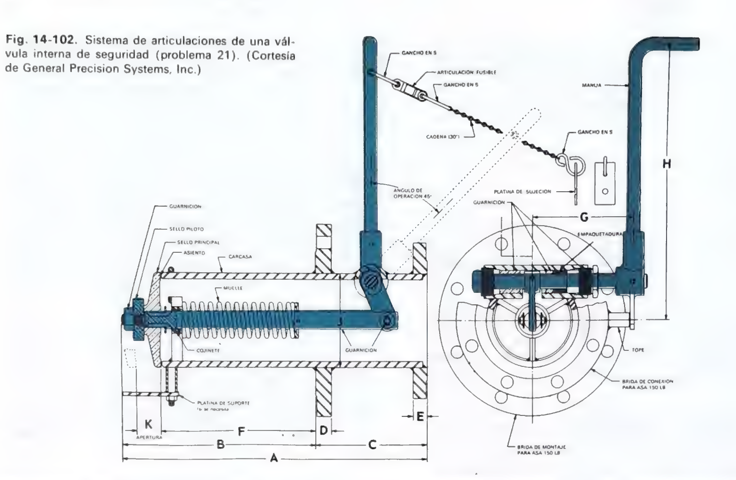


Fig. 14-102. Sistema de articulaciones de una válvula interna de seguridad (problema 21). (Cortesía de General Precision Systems, Inc.)

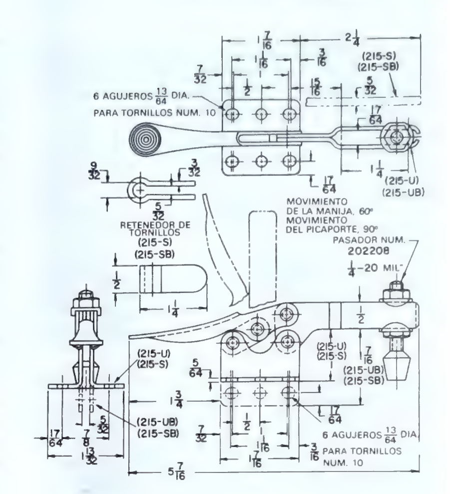
DIMENSIONES																
TAMAÑO DE LA VALVULA	DIAMETRO DE LA BRIDA DE CONEXION	DIAMETRO DE LA BRIDA DE MONTAJE		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	PESO NETO LIBRAS	PESO DE EMBARQUE LIBRAS	VOLUMEN EMPAQUE PULG.
		NORMAL	EXTRA GRANDE													
4"	4"	6"	8"	17	11 5/8	5 3/8	1	15/16	10	6 1/8	12 1/4	4 1/2	1 7/16	78	82	16x17x19
6"	6"	8"	10"	21 3/4	13 3/4	8	1 1/8	1	11	7 1/4	19 1/4	6 5/8	1 3/4	130	136	18x16x23
8"	8"	10"	12"	23 3/4	14 3/4	9	1 3/16	1 1/8	12	8 5/8	31 3/4	8 5/8	2 1/8	173	208	20x17x32
10"	10"	12"	16"	24 3/4	14 3/4	10	1 1/4	1 3/16	12	10 1/8	32 3/4	10 3/4	3 1/2	255	297	24x20x32
12"	12"	14"	18"	24 1/4	14 7/8	9 3/8	1 3/8	1 1/4	12	11 1/8	37	12 3/4	4 3/8	350	402	26x22x32

60° de la manija. Presente todos los detalles de construcción y análisis en una hoja de dibujo de 28 × 42 cm. Omita los detalles referentes a las formas específicas de los elementos; considere únicamente las longitudes centro a centro.

23. Analice el movimiento del pistón que aparece en la fig. 14-57, utilizando las siguientes dimensiones: radio de la manivela, 3,5"; longitud de la biela 9,7"; velocidad de la manivela 1 revolución por segundo. Grafique el recorrido del pistón según la posición angular de la manivela. Presente toda la construcción en una hoja de dibujo de 28 × 42 cm.

24. Diseñe una leva plana de 3" (diámetro) de círculo base y 5/8" de espesor, con seguidor de cuchilla. El seguidor debe subir 1" con movimiento armónico durante una rotación horaria de 90° de la leva, permanecer estacionario 90°, caer con movimiento armónico 90° y permanecer estacionario los restantes 90°. Dibuje el diagrama de desplazamiento

Fig. 14-103. Mecanismo de sujeción (problema 22). (Cortesía de De-Sta-Co Corporation.)



y diseñe la leva. Seleccione una escala adecuada para trabajar en una hoja de dibujo de 21 × 28 cm. Resuelva el mismo problema para un seguidor de rodillo ($^3/_4$'' de diámetro) y para un seguidor plano de $1^1/_2$'' de diámetro.

25. Diseñe una leva con las mismas especificaciones del problema 24, con seguidor de rodillo $^3/_4$'' de diámetro) desplazado 1'' a la derecha.

26. Diseñe una leva con las siguientes especificaciones: círculo base, 2,5'' (diám); seguidor de rodillo 3/4'' (diám); espesor, 3/4''. El movimiento del seguidor es como sigue: ascenso y descenso de 2'' durante 180° cada uno, con movimiento uniforme modificado. Resuelva el mismo problema empleando un seguidor plano de 2'' de diámetro y también para un seguidor de cuchilla.

Fig. 14-104. Bosquejo preliminar y dibujo tridimensional del mecanismo de control de la inclinación de las paletas de un helicóptero (problema 32). (Cortesía de Bell Helicopter Corporation.)

MOVIMIENTO DE CONTROL
PIVOTES
RANURA
POSICION SUPERIOR EXTREMA
POSICION INFERIOR EXTREMA

23/64" SLEEVE TRAVEL EACH WAY FROM NEUTRAL
CLAMP SCISSOR LEVERS IN NEUTRAL
LOW PITCH STOP
HIGH PITCH STOP
NOTE: TOLERANCE FOR ALL SETTINGS ± 1/2°. CHECK LOW PITCH BLADE ANGLES BEFORE FLIGHT
NEUTRAL
EXTREME TRAVEL POSITIONS ARE APPROXIMATE

27. Diseñe una leva con las mismas especificaciones del problema 26, pero esta vez emplee un seguidor de cuchilla desplazado 0,75'' a la derecha del eje de la leva.

28. Diseñe una leva plana de 3'' de espesor, círculo base de 5/8 (diám) y seguidor de cuchilla. El movimiento del seguidor es como sigue: ascenso y caída de $^5/_8$'' durante 180° cada uno y movimiento armónico en los dos casos.

29. Diseñe una leva bajo las mismas especificaciones del problema 28, pero para un seguidor de rodillo de 1'' (diám) desplazado 0,9'' a la derecha. El sentido de rotación de la leva es horario.

30. Diseñe una leva de 3,5'' de círculo base y 3/4'' de espesor. Utilice un seguidor plano de 2'' de diámetro. La leva debe procurar el siguiente movimiento (en sentido horario): ascenso y caída de 2'', con movimiento gravitacional (aceleración constante), de 180° cada uno.

31. Diseñe una leva con las mismas especificaciones del problema 30, excepto que ahora el seguidor está desplazado 1'' a la derecha del centro de la leva.

32. La fig. 14-104 presenta un bosquejo preliminar y un dibujo tridimensional del mecanismo de control del ángulo de inclinación de las paletas de un helicóptero. Este ángulo se controla variando la posición de la barra vertical entre las posiciones extremas vertical y 85° a la izquierda de la vertical. El movimiento deseado de las aletas depende de las posiciones extremas indicadas del punto *A*. Modifique el sistema de articulaciones en cuanto sea necesario para producir el movimiento especificado del punto *A*; los tornillos de tope se emplean para limitar las posiciones extremas. Determine las dimensiones, centro a centro, de las articulaciones, una vez que se han modificado para producir el movimiento deseado. Resuelva el problema en una hoja de 28×42 centímetros, empleando la escala adecuada.

33. Diseñe el mecanismo de dirección del auto de juguete de la fig. 14-105 que ha de ser conducido por un niño. La distancia entre las ruedas delanteras es de 20'' y éstas son de 8,5'' de diámetro. El sistema de articulaciones debe ser lo más simple y económico posible, de tal manera que su producción en grandes cantidades resulte barata. Efectúe el diseño en una hoja de dibujo de 28×42 centímetros.

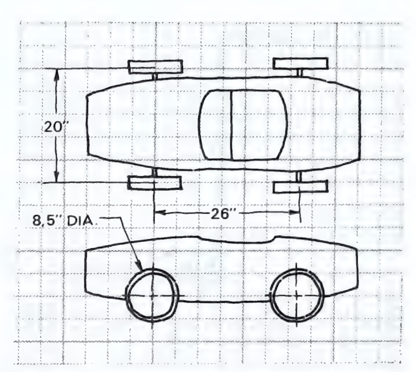


Fig. 14-105. Dimensiones generales de un auto de juguete (problema 33).

34. Diseñe el mecanismo de tracción del auto infantil de la fig. 14-106. Ha de ser un sistema de pedales operados por el tripulante. La separación entre ruedas delanteras y traseras es de 26''. Asigne convenientemente las dimensiones de las articulaciones. Muestre todos los detalles del análisis y construcción en una hoja de dibujo de 28 × 42 cm.

35. Elabore una gráfica que presente el recorrido del punto *P*, en la fig. 14-75, contra tiempo en segundos. Emplee las siguientes dimensiones: R_1 = 20'', R_2 = 40''. Efectúe la construcción y el análisis en una hoja de dibujo de 28 × 42 cm.

Cálculo

36. Dibuje la ecuación $Y=X+2$ en una gráfica rectangular. Determine gráficamente su primera y segunda integrales. Halle el área bajo la curva entre $X=1$ y $X=7$.



Fig. 14-106. Fotografia del auto de juguete de los problemas 33 y 34.

37. En una gráfica rectangular dibuje la ecuación $Y = X^3/6$. Determine gráficamente las curvas de la primera y segunda derivadas.

38. Analice el movimiento de una de las levas diseñadas en los problemas 24 a 30. Determine la velocidad y aceleración en todos los puntos mediante diferenciación gráfica.

39. Analice el movimiento de pistón del problema 23. Suponga que la manivela gira a razón de una revolución por segundo. El radio de la manivela es de 9,7″ y la longitud de la biela 3,5″. Determine la velocidad y aceleración en todos los intervalos.

40. Analice el movimiento del mecanismo del problema 35. Determine la velocidad y aceleración del carrito si la velocidad angular del brazo motriz es de una revolución cada tres segundos.

41. Mediante cálculo gráfico, analice el citado de esfuerzos y momentos de una banda de 1 m de ancho del muro de contención de la fig. 14-107. La fuerza actuante sobre esta banda es una carga linealmente repartida con un valor cero en la superficie y 100 kg/cm en el fondo. La gráfica inicial representará kg/cm (ordenadas) contra profundidad en metros (abscisas). La segunda será la integral de la inicial, es decir, esfuerzo cortante en kilogramos (ordenadas) contra profundidad en metros (abscisas). Y la tercera será la integral de la segunda, o sea, momentos en m-kg (ordenadas) contra profundidad en metros (abscisas).

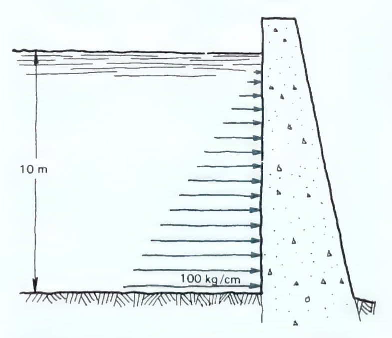
42. El plano topográfico de la fig. 14-108 muestra una faja de terreno limitada por la playa de un lago. Mediante integración gráfica, determine la curva que representa el área cumulativa del terreno desde el punto A hasta el punto E. ¿Cuál es el área total? ¿Cuál es el área de cada lote?

Nomografía

Los siguientes problemas deben resolverse en hojas de papel de 21 × 28 cm y empleando las escalas apropiadas a cada construcción específica. Presente todos los cálculos y detalles de construcción como parte del problema.

Diagramas de conversión

43. Elabore un diagrama que sirva para convertir pulgadas a centímetros para el rango de 0 a 100 cm, dado que 1″ = 2,54 cm.



Fif. 14-107. Fuerza ejercida sobre una franja de un metro de ancho de un muro de contención (problema 41).

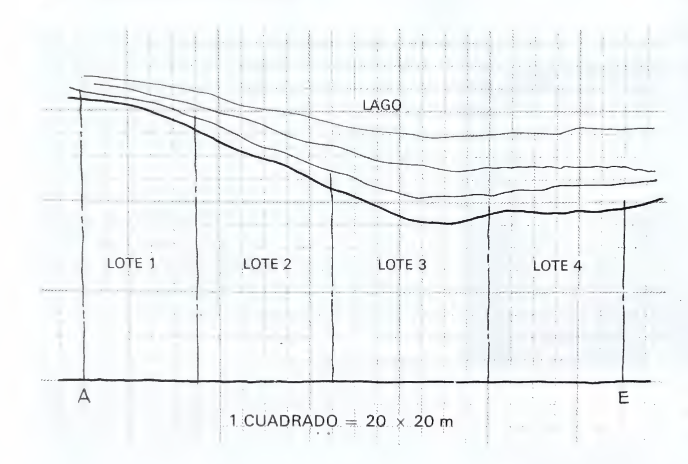


Fig. 14-108. Plano de un terreno limitado por la playa de un lago (problema 42).

44. Utilizando la fórmula $°C = \frac{5}{9}(°F - 32)$, construya un diagrama de conversión de grados fahrenheit a centígrados para el rango de 32°F a 212°F.

45. Construya un diagrama que dé el período de oscilación de un péndulo simple según su longitud. El rango de longitudes es $0 \leq L \leq 150$ cm. La ecuación del período es $P = 2\pi\sqrt{L/g}$, en donde $g = 980$ cm/seg^2.

Diagramas de escalas paralelas

46. Construya un diagrama de escalas paralelas para las soluciones de la ecuación $A^2 + B^2 = C^2$, en donde A y B varían entre 0 y 20.

47. Construya un diagrama de escalas paralelas para el volumen de un cono de radio r, $1 \leq r \leq 10''$ y altura h, $1 \leq h \leq 30''$. la ecuación del volumen del cono es $V = (\pi/3)\ r^2h$.

Diagramas en «N»

48. Empleando la ecuación $\sigma = P/A$, en donde P varía entre 0 y 1000 kg/cm^2 y A entre 0 y 15 cm^2, elabore un diagrama en N que sirva para obtener los esfuerzos en elementos sometidos a cierta carga.

49. Construya un diagrama tipo N que sirva para determinar la velocidad de un fluido en un tubo cuya ecuación es $V = 4Q/\pi D^2$; en donde el caudal Q varía entre 0 y 150 litros por segundo y el diámetro D entre 1 y 15 cm.

Diagramas compuestos

50. Construya un diagrama compuesto que represente la ley de los senos expresada como la ecuación $a/\text{sen } A = b/\text{sen } B$. Suponga que a y b varían entre 0 y 10, y A y B entre 0° y 90°.

51. Elabore un diagrama compuesto que sirva para determinar la velocidad del sonido en un sólido, de acuerdo con la fórmula:

$$C = \sqrt{\frac{E + 4\mu/3}{\rho}},$$

en donde E varía entre 10^4 y 10^6 kg/cm^2, μ entre 10^4 y 2×10^4 kg/cm^2, y C entre 300 y 450 m/seg. *(Sugerencia:* Emplee la fórmula en la forma $C^2\rho = E + \frac{4}{3}\mu$).

BIBLIOGRAFIA Y MATERIAL DE REFERENCIA

1. Chambers, S. D., y V. M. Faires, *Analytic Mechanics*. Nueva York: Macmillan, 1949.
2. Hammond, R. H., C. P. Buck, W. B. Rogers, G. W. Walsh, Jr. y H. P. Ackert, *Engineering Graphics for Design and Analysis*. Nueva York: Roland, 1964.
3. Luzadder, W. J., *Basic Graphics*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1968.
4. Wellman, B. L., *Introduction to Graphical Analysis and Design*. Nueva York: McGraw-Hill, 1966.
5. Woodward, Forrest, *Graphical Simulation*. Scranton, Pa.: International Textbook, 1967.



15
PRESENTACION DEL DISEÑO

15-1 INTRODUCCION

Una buena solución de diseño debe ser aprobada antes de decidir su producción definitiva; su aceptación, en muchos casos, depende de la habilidad con que se presente. El proceso de diseño ha progresado hasta la etapa actual tomando como punto de partida las circunstancias que sugirieron la necesidad de una solución. El diseñador investigó los diversos aspectos del problema para determinar si se trataba de una necesidad propiamente dicha y para sugerir el tipo general de solución requerido. Luego desarrolló soluciones preliminares, las perfeccionó, halló sus dimensiones y características importantes y analizó los diseños perfeccionados hasta encontrarse en este punto en donde se siente calificado para presentar su diseño y sus recomendaciones. Esta es la etapa de decisión en el proceso de diseño.

En esta etapa, el diseñador posee un dominio completo del problema, de los datos e información que afectan sus razonamientos, de la experiencia con respecto al funcionamiento de ciertas ideas y de las razones que sustentan la solución propuesta. El dominio detallado del problema puede, de por sí, restringir el proceso de presentación por cuanto la audiencia puede tener apenas un conocimiento muy vago del problema y la presentación puede pasar por alto el estudio suficientemente pormenorizado del mismo y de las razones que respaldan su solución específica. A pesar de esto, los directivos responsables de aceptar y aprobar la producción al por mayor del diseño propuesto y la consiguiente inversión de capital deben tener acceso a un resumen del problema y a las razones que impulsaron al diseñador hacia este tipo de solución, y, así, estar en condiciones de tomar una decisión basada en hechos y experiencias.

La presentación en la fase decisoria del proceso de diseño bien puede ser definida como el punto culminante del trabajo del diseñador. Una presentación bien preparada y eficientemente comunicada incrementará la probabilidad de aprobación del diseño, bien sea para mayor desarrollo o para su inmediata realización. Por otra parte, una presentación deficiente puede originar la eliminación de una solución excelente, desperdiciándose todo el esfuerzo preliminar dedicado al proyecto.

Este tipo de presentación se denomina presentación para *decisión*. Aunque las decisiones referentes a un diseño final las toma un grupo de personas, puede darse el caso de que sea el *diseñador* mismo el encargado de decidir. El proceso de presentación en ambos casos es casi igual; sin embargo, los métodos varían.

El otro tipo de presentación es el de presentación para *realización;* este caso se refiere a la complementación del diseño despues de

que se ha logrado una decisión favorable. Este caso comprende todos los métodos disponibles para presentar las especificaciones: planos de trabajo, esquemas, diagramas, etc., que describen completamente la realización del diseño final. Los dos tipos de presentación mencionados en este capítulo, presentación para decisión y presentación para realización, serán objeto de discusión un poco más detallada en los capítulos 17 y 18.

15-2 AUTOPRESENTACION

En proyectos de menor magnitud puede ser el diseñador mismo quien tenga que decidir si acepta o no determinada solución. Será él quien tenga que revisar el proyecto en su propia mente. Aunque no sea necesario elaborar las gráficas y otras ayudas visuales indispensables en una exposición formal, debe, en todo caso, tener acceso a la misma información requerida en una presentación formal para su propia evaluación. El diseñador puede fácilmente pasar por alto características importantes durante todo el proceso de diseño. Por consiguiente, es conveniente repasar constantemente las hojas de trabajo e ideas preliminares, a medida que se avanza en la secuencia del diseño, para garantizar que no se han perdido ideas importantes. Todas las hojas de trabajo, como se sugiere en el capítulo 3, deben conservarse como registro permanente del progreso del proceso conducido hasta llegar al diseño final.

Una vez que el diseñador ha concentrado sus soluciones finales en unos cuantos diseños, debe decidir cuál será aceptado para realización. En algunas ocasiones, la solución obtenida puede resultar insensata o económicamente impracticable; en este caso, el diseñador debe considerar sus descubrimientos como información valiosa para futuros proyectos de la misma naturaleza. Estos casos son factibles en proyectos de diseño experimental conducidos como algún aspecto de investigación.

Aunque el diseñador se haya podido familiarizar completamente con su proyecto después de trabajar cierto tiempo en él, no es deseable que tome su decisión sin revisar la lista completa de alternativas. Una buena forma de tomar una decisión es la de comunicarse consigo mismo a través de bosquejos, datos, notas o modelos. Su revisión del proyecto empezará enumerando las características favorables y las desventajas de cada solución. La fig. 15-1 presenta un ejemplo de un listado de este tipo, en donde se confrontan las ventajas y desventajas de dos tipos de sillas de cacería. Nótese que muchas de estas características ya habían sido citadas en las etapas preliminares del diseño. Esta clase de listas obliga al diseñador a repasar completamente las características y criterios de diseño de cada solución, a la vez que le refrescan sus impresiones previas acerca de cada una de ellas.

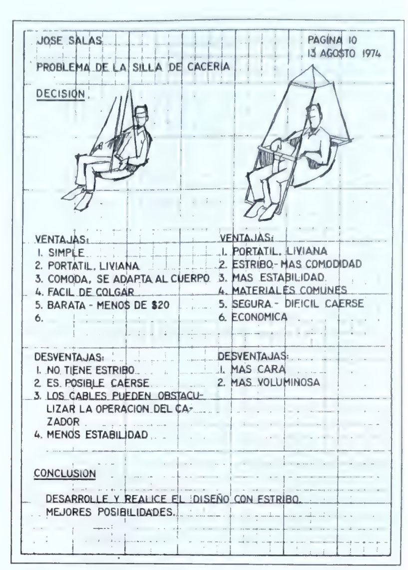


Fig. 15-1. Hoja de trabajo empleada por el diseñador para seleccionar el diseño que se debe realizar. Este método se utiliza cuando es el diseñador, no un grupo, quien toma la decisión.

Todos los datos recopilados previamente deben evaluarse junto con cada solución de

diseño. Los datos provenientes de la investigación de mercados señalan el intervalo aceptable de precios para un producto de este tipo. El grado de actividad del consumidor durante el tiempo que emplea la silla de cacería afectará la decisión del diseñador. ¿Camina el cazador grandes distancias portando la silla o efectúa la mayor parte del recorrido en un vehículo? ¿Puede trepar a un árbol o es necesario considerar un método de izar la silla y el cazador? La edad promedio del cazador para quien se diseña el producto absolverá en parte estas preguntas. Los cazadores de mayor edad probablemente requieren más comodidad, caminan menos y están menos dispuestos a trepar árboles. Los datos disponibles deben graficarse para facilitar su interpretación. Esta información debe adicionarse a la lista de características de cada diseño. Ahora sí, el diseñador puede tomar una decisión.

El diseñador ha estado realmente comunicándose consigo mismo mediante métodos gráficos que refrescan sus ideas. El puede inclusive bosquejar perspectivas que le expongan sus ideas perfeccionadas de una manera más clara y completa. Generalmente, es más fácil analizar una perspectiva que un dibujo de vistas múltiples. Los fundamentos del dibujo de perspectivas se presentarán en el capítulo 16 y serán de enorme ayuda en presentaciones para decisión o realización.

El método más práctico de evaluar un diseño consiste en construir modelos a escala o prototipos, según lo visto en capítulo 13. Estos modelos son insustituibles en el análisis de características y métodos operacionales para eliminar toda duda en cuanto a la funcionabilidad del producto y demás propiedades. No es necesario que los modelos sean caros o complicados para que cumplan su finalidad. Los materiales comúnmente disponibles para modelos, tales como balso y cartón, sirven perfectamente para proporcionar una mejor apreciación del diseño propuesto. La fig. 15-2 presenta un ejemplo sencillo, en el cual se muestra el modelo de un carrito doméstico confeccionado para demostrar las características funcionales del diseño. La construcción de este modelo resultó relativamente barata y, sin embargo, fue un medio efectivo de estimular ideas para mejorar el diseño. Aunque es evidente que los modelos son necesarios para que el diseñador comunique sus ideas a otros individuos, también le son útiles en la autocomunicación. Este medio le facilita la comprensión de sus propias ideas y la revisión de sus conceptos de diseño. El diseño de cualquier producto relacionado con el cuerpo humano debe complementarse con un modelo a escala natural o prototipo que ayude a definir las dimensiones óptimas y demás factores de comodidad difíciles de evaluar sin efectuar ensayos reales.

15-3 COMUNICACION CON GRUPOS

Generalmente, el diseñador expondrá su diseño a varios de sus asociados o quizás ante un grupo considerable, antes de que pueda tomar una decisión final (fig. 15-3). Este tipo de presentación comprende los mismos pasos mencionados en la sección 15-2. El diseñador debe organizar sus ideas y preparar una exposición que cubra completamente su trabajo de diseño con un máximo de claridad y en un tiempo mínimo. Obviamente, la presentación oral en sí no es muy eficiente sin el empleo de materiales de ayuda visual. Los datos técnicos y la información de diseño deben presentarse en forma gráfica, con el fin de suministrar una imagen clara sin necesidad del estudio prolongado de información tabulada o de pro-



Fig. 15-2. Los modelos como éste son una ayuda excelente para la evaluación del diseño propuesto



Fig. 15-3. El diseñador frecuentemente presenta sus conceptos de diseño a sus asociados o quizás a un grupo numeroso antes de tomar la decisión final. (Cortesia de Black and Decker Manufacturing Company.)

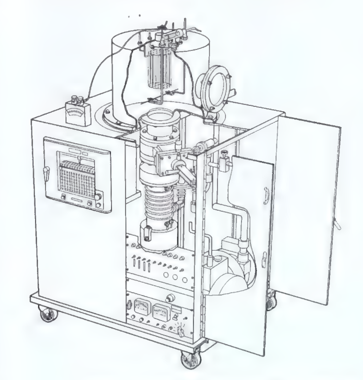
SISTEMA DE BOMBAS DE VACIO

Fig. 15-4. Los diagramas y bosquejos son esenciales en la explicación de muchos diseños y procesos de ingeniería

cedimientos complicados. En muchos casos, es prácticamente imposible comunicar información técnica sin recurrir a ayudas gráficas (fig. 15-4). Las deficiencias en la descripción verbal de un objeto, por sencillo que sea, se ponen de manifiesto tan pronto como alguien intenta describir un objeto común a una persona que no lo está viendo.

Las perspectivas son más efectivas que los dibujos de vistas múltiples, no importa la calidad de su presentación, cuando se trata de exposiciones a grupos de personas promedio. Las presentaciones deben emplear con el máximo de eficiencia tantas perspectivas como sean necesarias en la descripción del diseño en discusión (fig. 15-5). Tales perspectivas deben presentarse como ilustraciones en cartelones, diapositivas o transparencias de retroproyección. Los métodos de elaborar perspectivas se discuten en el capítulo 16.

El capítulo 17 estudia diversos tipos de presentación de proyectos a un grupo y métodos de elaboración de ayudas visuales dirigidos a incrementar la eficiencia de la comunicación. El diseñador debe desarrollar conciencia de la importancia de superar esta etapa crucial del proceso de decisión; no basta tener una idea excelente; las buenas ideas se venden con entusiasmo y convicción. El pasar por alto la importancia de una comunicación efectiva con sus asociados limitará las oportunidades de un ingeniero o técnico comprometido en el desarrollo de nuevos diseños.



CAMPANA DE VIDRIO GRANDE

Fig. 15-5. La presentación de un diseño se facilita enormemente cuando se hace en forma tridimensional. (Cortesía, con la figura anterior, de Aro, Inc., Arnold Engineering Development Center.)

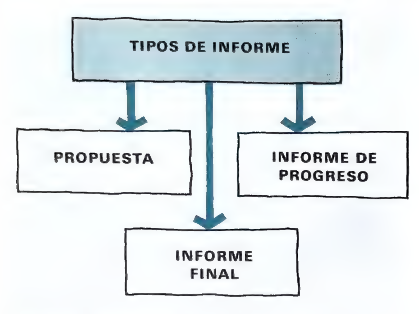


Fig. 15-6. Tres tipos básicos de informes técnicos.

15-4 EL INFORME TECNICO

Los ingenieros y técnicos, a todo nivel, deben conocer los métodos de elaboración de informes escritos, puesto que éste es el medio universal de transmitir información. Se da considerable importancia a la necesidad de desarrollar la habilidad para escribir con el fin de que el ingeniero trabaje como un miembro eficiente del equipo industrial.

El informe escrito puede tener una de las finalidades siguientes: 1) propuesta de un proyecto; 2) informe de progreso, y 3) informe final (fig. 15-6). Las propuestas y los informes finales se presentan, en general, formalmente y con bastante detalle. En cambio, el informe de progreso puede ser tipo carta o memorando, según los requisitos del proyecto en particular; de esta forma, se comunica a la persona o personas responsables por o interesadas en el estado o progreso del proyecto a intervalos regulares.

15-5 PROPUESTAS

Una propuesta es un informe escrito que justifica la necesidad de cierto proyecto y que solicita la asignación de fondos y de personal dentro de la organización. También podria tratarse de un informe dirigido a un cliente, mencionando recomendaciones que exigen gastos específicos. Puesto que un proyecto no puede hacerse realidad a menos que sea aprobado por los administradores de la organización, generalmente, la propuesta se escribe en forma pulcra y completa, de tal manera que refleje análisis y razonamientos sensatos.

La organización de la propuesta debe comprender datos, costos, especificaciones, programa calendario de actividades, necesidades de personal, fechas de finalización y toda la información específica que le facilite al lector la interpretación del proyecto; sobre todo, la importancia y objetivos del proyecto deben aparecer claramente definidos y hacer hincapié en los beneficios que puede traer al cliente y a la organización. Por ejemplo, si un ingeniero industrial sugiere una modificación importante en un proceso de manufactura que puede resultarle bastante costoso a la compañía, debe estar en condiciones de dar un estimativo justificado del incremento en producción y utilidades que compensen la inversión en la modificación.

La propuesta debe escribirse en el lenguaje del lector. El hombre de negocios estará más interesado en las utilidades que el proyecto prometa, mientras que para el ingeniero jefe será más importante su factibilidad desde el punto de vista de ingeniería. En algunos casos, la propuesta debe presentarse primero como un informe técnico dirigido al personal directamente comprometido en el proyecto. Una vez aprobado este informe, la propuesta se escribe de manera que presente la imagen general del proyecto, en términos menos técnicos, al inversionista, cliente, negociante o asociado involucrado indirectamente en el plan.

La propuesta se mencionó previamente en el capítulo 3, como una forma de presentar datos preliminares que respalden el proyecto. Estos datos preliminares deben presentarse gráficamente junto con su análisis, de tal manera que se pongan de manifiesto sus aspectos importantes. Las encuestas de opinión y otros datos estadísticos deben presentarse en una forma gráfica tal que su simple inspección asegure su comprensión. En una propuesta formal puede ser conveniente incluir los datos tabulados en forma de apéndice.

Una propuesta típica (fig. 15-7) debe contener los siguientes elementos:

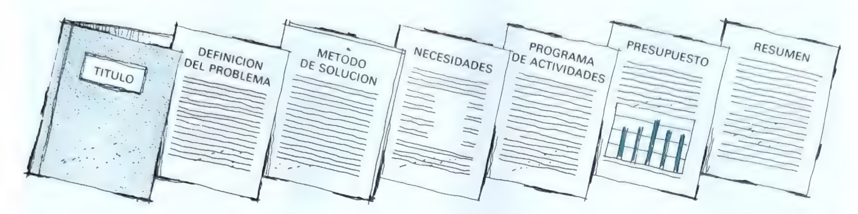


Fig. 15-7. Partes fundamentales de una propuesta.

Exposición del problema. En esta parte se identifica claramente el problema, para mostrar los objetivos del proyecto. En la mayoría de los casos bastará con una página a máquina o menos.

Método de aproximación. En esta parte se mencionan y explican en detalle los procedimientos de ataque del problema. Este debe ser un plan general fácil de revisar (es, generalmente, la parte más extensa de la propuesta).

Necesidades humanas y materiales. En esta sección se reseñan los requisitos de personal, equipo y espacio.

Programa de actividades. Comprende un plan con las fechas de terminación de las diferentes fases del proyecto. Este programa debe estar coordinado con los de otras actividades afectadas por el proyecto.

Presupuesto. En esta sección se organizan en detalle todos los gastos que implica el proyecto, de tal manera que puedan ser analizados por los encargados de revisar la propuesta.

Resumen. En esta parte se condensa el informe con miras a recalcar los aspectos importantes que constituyen la base de la propuesta. En los comentarios del resumen debe hacerse hincapié en la importancia del proyecto y en la manera en que éste afecta al revisor.

15-6 INFORME DE PROGRESO

En este tipo de informe se revisa periódicamente el estado de un proyecto o asignación a medida que se está desarrollando. Algunos informes de progreso pueden presentarse en forma de carta dirigida al superior inmediato o en forma de memorando que se reparte a las personas interesadas en el proyecto. Los proyectos de cierta complejidad requieren informes algo más detallados y formales.

El informe de progreso confronta el estado del proyecto con el plan de gastos y el programa calendario original. Generalmente, presenta proyecciones respecto a incrementos o disminuciones en las inversiones previstas y a adelantos o atrasos en el programa de actividades, de tal manera que permita la revisión de los planes del proyecto. El informe de progreso puede servir para determinar si un proyecto debe continuarse una vez que se ha completado la etapa inicial de su desarrollo.

Los métodos de Evaluación de Proyectos y Técnicas de Revisión (PERT) estudiados en el capítulo 3 pueden sugerir procedimientos eficientes de presentar el estado de un proyecto de diseño. Las mismas formas empleadas para programar actividades pueden incluirse en el informe de progreso para dar una imagen real del progreso alcanzado. Un diagrama esquemático puede servir para presentar la información del Programa de Actividades y Registro de Progreso en forma fácil de interpretar. Este tipo de informe de progreso es un requisito exigido por muchas agencias coordinadoras de proyectos complejos.

15-7 INFORME FINAL

El informe final es el que se escribe al concluir el proyecto. Debe recordarse que el proyecto

puede ser la organización de un plan de ingeniería, una investigación preliminar o la solución propuesta de un problema que requiere aprobación previa a su realización. Este tipo de informe debe ser bien elaborado y con suficiente detalle, puesto que constituye un registro permanente que puede afectar proyectos futuros. Estos informes finales servirán como referencia en muchas ocasiones y quizás después de transcurridos varios años desde su conclusión; el ingeniero o técnico más íntimamente ligado al proyecto es quien debe organizar y escribir el informe, pues es la persona de más acceso a sus detalles específicos.

Las secciones de conclusiones y recomendaciones del informe final son más decisivas que las de la propuesta o las de los informes de progreso, dado que están fundamentadas en los resultados totales del proyecto y no en predicciones o especulaciones. Estos descubrimientos serán muy útiles en la evaluación de propuestas y proyectos subsiguientes.

15-8 ORGANIZACION DE UN INFORME TECNICO

Un buen informe técnico se compone de las siguientes áreas generales: 1) identificación del problema; 2) métodos; 3) texto; 4) descubrimientos; 5) conclusiones y recomendaciones. El orden de presentación de estas secciones depende de las necesidades de la organización administrativa. Por ejemplo, en algunos informes, las conclusiones preceden al texto, de tal manera que el lector encuentra inmediatamente los resultados del proyecto. La mayoría de los informes contienen las secciones antes mencionadas, aunque su orden de aparición puede variar.

Las siguientes proposiciones constituyen reglas generales de redacción de informes sugeridas por la General Motors Corporation:*

1. El texto no debe ser ni ambiguo ni sujeto a malentendidos de parte del lector, sea cual fuere su preparación técnica.

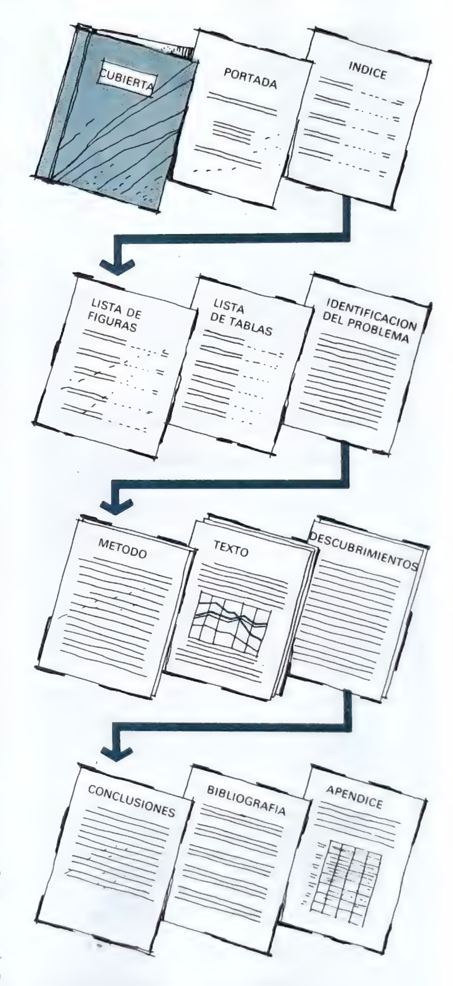


Fig. 15-8. Elementos de un informe técnico

* Tomado de Richardson, Ralph A., y C. A. Brown, «How to Organize and Write Effective Technical Reports», *General Motors Engineering Journal*, **2**, núm. 5 (1955).

2. El informe debe reflejar razonamientos objetivos y sensatos.
3. El contenido debe referirse a hechos reales y ser agradable de leer. La elección de palabras debe inclinarse hacia lo sencillo.
4. Un informe exige y se fortalece mediante el empleo del vocabulario correcto. El conocimiento del lenguaje y de su gramática facilita la expresión de las ideas del escritor.
5. Un informe ordenado y pulcro inspira respeto.

15-9 FORMATO DEL INFORME

Los informes formales generalmente siguen un formato patrón de comprobada aceptación para la presentación de información. En cualquier caso, el informe técnico debe ir empastado con un material que, a la vez, proteja el contenido y dé una impresión agradable. A continuación, se lista el contenido normal de un informe técnico (fig. 15-8).

1. Página de título o Portada. Esta es la primera página del informe e incluye el título del mismo, el nombre de la persona o firma que lo elaboró y la fecha. El título debe describir en forma concisa el contenido del informe.

2. Tabla de contenido o Indice. La tabla de contenido enumera las diversas secciones del informe con su respectivo número de páginas para facilitar su referencia.

3. Lista de figuras. Un informe técnico correctamente elaborado generalmente está ilustrado con numerosas gráficas. Estas se listan según su número de página en el orden en que aparecen en el informe.

4. Lista de tablas. Las tablas de datos se enumeran con su página según el orden en que aparecen.

5. Identificación del problema. En esta sección se plantea el problema que se va a investigar y el objetivo del informe. La validez del proyecto se puede justificar mediante una breve reseña de bibliografía o experiencias afines o de información preparatoria. Esta sección esboza brevemente el contenido del resto del informe.

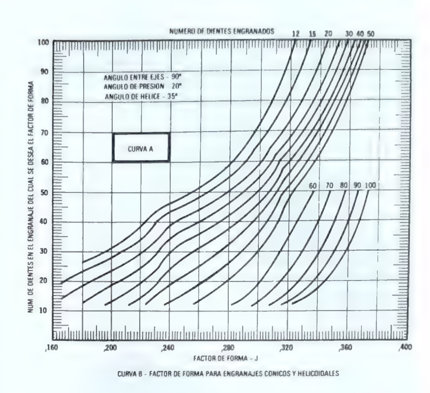


Fig. 15-9. Un informe de ingeniería debe estar bien ilustrado para transmitir los puntos más importantes del texto. En muchos casos es imposible exponer datos técnicos sin recurrir a métodos gráficos. (Cortesía de Philadelphia Gear Corporation.)

6. Método. En esta parte se presenta una descripción general del método o procedimiento de solución del problema dado. Puede estar en prosa o esquematizado.

7. Texto. El texto del informe detalla los métodos y procedimientos seguidos durante el proyecto. Esta sección será la parte primordial del informe. En cuanto sea posible se deben emplear gráficas y diagramas para representar datos, dado que estos artificios superan las tabulaciones en cuanto a evaluación se refiere. Las Ilustraciones deben ser lo suficientemente claras como para no necesitar textos explicatorios de los datos graficados (figura 15-9); recíprocamente, el texto debe ser lo suficientemente completo como para respaldar su significado sin referirse a gráficas. Las gráficas e ilustraciones deben elaborarse según las normas discutidas en los capítulos 14 y 16.

8. Descubrimientos. Los resultados del informe deben tabularse y presentarse gráficamente, acompañados de un texto explicatorio. Estos hallazgos deben evaluarse con el fin

de establecer los hechos sobresalientes que puedan haber resultado de la investigación del proyecto. El escritor debe establecer claramente las tendencias o resumir los resultados importantes.

9. Conclusiones. Esta sección debe resumir la totalidad del informe y finalizar con recomendaciones y conclusiones específicas. Pueden ser recomendaciones de aceptación de un diseño propuesto o conclusiones sacadas de un proyecto particular de probable consideración para proyectos futuros. Las conclusiones y recomendaciones pueden recalcarse listándolas en orden numérico en el caso de que haya varias.

10. Bibliografía. La bibliografía es un listado de las referencias utilizadas en la elaboración del informe. Estas se pueden organizar por separado, según se trate de libros o revistas periódicas. Las referencias generalmente se presentan en orden alfabético de autores, indicando también el título del libro o revista, el volumen y número (en revistas), la editorial (en libros), la fecha de publicación y las páginas empleadas.

También se deben incluir notas de pie de página a lo largo del texto para mencionar la fuente de información de las citas o paráfrasis empleadas. El formato de estas notas debe seguir prácticas convencionales.

11. Apéndice. El apéndice debe incluir bosquejos, dibujos y otras formas de información que aclaren y respalden con más detalle el texto del informe. Por ejemplo, en los informes de los proyectos asignados en clase se deben incluir en el apéndice los bosquejos preliminares, como registro permanente del proceso evolutivo del diseño; el capítulo 4 ya había mencionado la importancia de los bosquejos preliminares en este aspecto.

Los dibujos perfeccionados y las soluciones alternativas deben incluirse para probar que la solución final fue el resultado de un estudio exhaustivo de diversas soluciones posibles. Los esquemas y planos de trabajo finales también deben incluirse. Los dibujos e ilustraciones de gran tamaño deben aparecer doblados y empastados dentro del informe, en forma fácil de manipular; es decir, que no sea necesario retirar el plano del resto del informe para poderlo desdoblar. Un estudio de factibilidad no requiere planos de trabajo, pues éste no es el objetivo de la investigación. Se pueden incluir datos en bruto o información tabulada para respaldar los datos graficados en el texto del informe; aunque su inclusión no siempre es necesaria, esta retención de información puede resultar conveniente para usos posteriores tales como análisis adicional.

12. Carta de presentación. Esta breve carta se elabora con el fin de describir el contenido del informe y las razones que impulsaron la iniciación del proyecto. Puede ir en las primeras páginas del informe o como un agregado independiente al tiempo de someter a revisión el informe.

15-10 PRESENTACION PARA REALIZACION

La comunicación de ideas es algo indispensable cuando se trata de lograr una decisión acerca de la solución propuesta de un diseño. Una vez concluido y aceptado el diseño, debe llevarse a la realidad. La realización es en sí menos creativa que el resto del proceso de diseño, pero no por esto deja de merecer atención. Aunque los métodos de manufactura se deben haber previsto desde los bosquejos preliminares, es en esta etapa donde se deben elaborar las especificaciones e instrucciones específicas, en forma de planos de trabajo, que dirigirán la construcción del diseño final. Estas especificaciones y planos de trabajo son una forma de presentación no ya para decisión, sino para realización.

Aunque los planos de trabajo son labor específica de la rama de dibujo técnico, deben siempre constituir una de las mayores preocupaciones de la gestión de diseño (fig. 15-10). Un proyecto de ingeniería no puede realizarse sin que antes se hayan presentado sus requerimientos en forma de planos. En las grandes compañías, estos dibujos pueden programarse por computador, especialmente cuando se trata de planos repetitivos y rutinarios. A pesar de que el ingeniero probablemente no tenga que

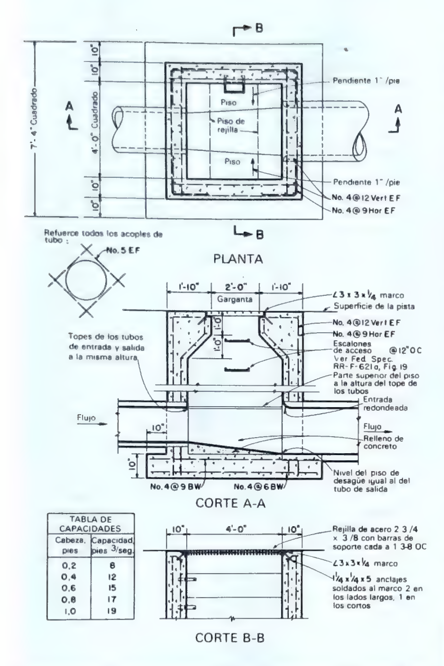


TABLA DE CAPACIDADES	
Cabeza, pies	Capacidad, pies 3/seg.
0,2	8
0,4	12
0,6	15
0,8	17
1,0	19

COLECTOR DE DESAGÜE NORMALIZADO PARA PISTAS DE ATERRIZAJE

Fig. 15-10. La realización de un proyecto de ingeniería empieza, lógicamente, con sus planos de trabajo. (Cortesía de Bureau of Yards and Docks, Department of the Navy.)

elaborar los planos finales, deberá supervisar su elaboración y será responsable por su exactitud y corrección (fig. 15-11). El descuido de esta responsabilidad puede resultar en el fracaso del diseño, debido a detalles erróneos; además, puede resultar muy costoso.

Los planos de trabajo pueden servir como contratos legales, a partir de los cuales varias compañías pueden licitar la elaboración de los distintos componentes del diseño. Los planos o especificaciones incompletos necesariamente incrementan el valor de las cotizaciones, ya que las firmas licitantes tratan de prever riesgos y gastos que puedan ocasionar los detalles o características ignorados o explicados ambiguamente. Las omisiones en los planos o especificaciones inevitablemente producen omisiones en el diseño final. En consecuencia, la revisión de un conjunto de planos es una responsabilidad crucial que se debe cumplir antes de entregarlos a los contratistas. Aun en el caso de planos perfectamente elaborados, pueden surgir malentendidos cuando se presentan en la forma convencional. Esto puede redundar en demoras imprevistas de verificación o puede producir errores en la construcción que deben corregirse a expensas del diseñador y no del contratista. Para evitar confusiones, malentendidos o interpretaciones ambiguas de los planos de trabajo, muchas compañías emplean las perspectivas con buenos resultados. (Ver el capítulo 18 para más información.)

15-11 PATENTES

El diseñador puede haber desarrollado un diseño bastante novedoso y original en ciertos aspectos. En tales casos es posible que desee



Fig. 15-11. Aunque el ingeniero, por lo general, no es el encargado de elaborar los planos de trabajo, es responsable de la revisión y aprobación de los dibujos antes de entregarlos para su realización. (Cortesía de Standard Oil of New Jersey.)

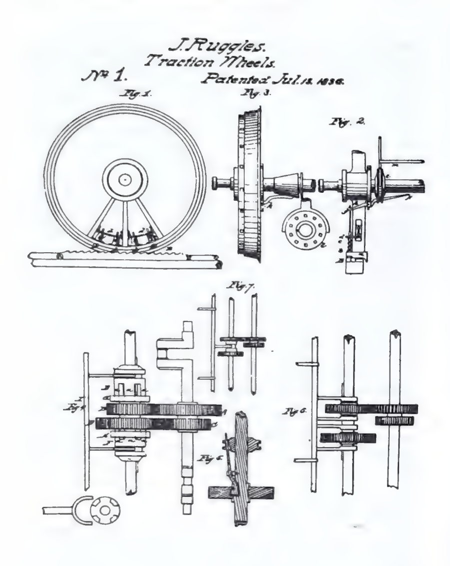


Fig. 15-12. La primera patente, expedida en 1836 por la Oficina de Patentes de los Estados Unidos.

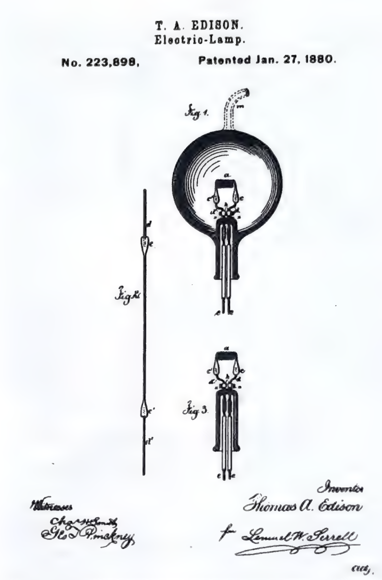


Fig. 15-13. Dibujo de la patente de la lámpara eléctrica de Thomas Edison (1880).

obtener una patente (fig. 15-12) en la oficina gubernamental correspondiente, antes de publicar su invención o diseño; de otra manera, es posible que pierda sus derechos. No es posible obtener una patente cuando la invención ha sido descrita en alguna publicación impresa en cualquier parte del mundo o cuando ha estado en uso o en venta con anterioridad a la fecha en que se realizó el descubrimiento. Para obtener una patente, también se exige que el inventor la solicite antes de transcurrido un año desde la fecha en que una descripción de su invento haya sido publicada o puesto éste a la venta o en público uso. La omisión de este requisito ocasiona la pérdida del derecho de patente.

El diseñador que desee investigar la posibilidad de obtener una patente puede solicitar las publicaciones de la oficina correspondiente. Estas publicaciones le suministran la información necesaria para iniciar los trámites de solicitud. Además, se dispone de abogados especializados que asisten al interesado y le garantizan la protección de los derechos que podría perder a causa de una solicitud mal elaborada. El resto del capítulo se dedicará a describir el procedimiento general empleado en algunos países para solicitar una patente.

15-12 CONDICIONES GENERALES DE LAS PATENTES

El diseñador debe poseer un conocimiento general de las condiciones de una patente.

Se necesita saber qué cosas pueden patentarse y quién está en condiciones de solicitar una patente. En algunos casos es difícil aseverar cuándo se puede patentar un diseño dentro del alcance de las leyes establecidas.

¿Qué puede patentarse? En el lenguaje de la legislación vigente en muchos países, cualquier persona que «invente o descubra un proceso, máquina, artefacto o material compuesto nuevo y útil, o cualquier perfeccionamiento nuevo y útil de éstos, puede obtener una patente», sujeta a las condiciones y requisitos de la ley. Estas categorías comprenden, esencialmente, cualquier cosa producida por el hombre y su proceso de fabricación (figura 15-13).

La ley excluye ciertas categorías de invenciones del campo de artículos patentables; por ejemplo, las invenciones utilizadas exclusivamente en el desarrollo de armas atómicas y nucleares no son patentables, ya que no se las considera «útiles». Otro ejemplo es el del diseño de un mecanismo funcional que no trabaja de acuerdo con el propósito prescrito. Tampoco se puede patentar «la idea» de una nueva máquina o invención; debe disponerse del diseño específico y la descripción de la máquina para que pueda considerarse como artículo patentable.

¿Quién puede solicitar una patente? Solamente el inventor de un artefacto puede solicitar su patente. Las patentes otorgadas a quienes no son los inventores se consideran ilegales y tales personas pueden ser enjuiciadas por perjurio. Sin embargo, el albacea de un inventor fallecido puede solicitar una patente en su nombre. Dos o más personas pueden solicitar patentes como inventores asociados, pero la persona o firma que los patrocina económicamente no puede figurar como inventor en la solicitud.

Derechos que implica la patente. Una patente le confiere al inventor el derecho de prohibir a otros la manufactura, uso o venta de su invención durante un período de tiempo establecido por la ley. Una vez expirado este lapso, cualquier persona puede fabricar, usar o vender tal invención sin necesidad de la autorización del diseño de la patente.

Los artículos patentados deben marcarse con la palabra «Patente» y el número de la misma. La ausencia de esta marca puede ocasionar la pérdida de los derechos de reclamación ante una persona que viole los derechos de patentes respecto a un artículo sin marca. Las marcas con los términos «Patente pendiente» no tienen ninguna validez legal, ya que su protección sólo empieza cuando se otorgue la patente.

15-13 SOLICITUD DE PATENTE

El inventor que solicite una patente debe acompañar los siguientes documentos:

1) Un memorial escrito que comprende la solicitud propiamente dicha, las especificaciones (descripción y reivindicaciones) y una declaración juramentada;
2) Los planos cuando sean necesarios; y
3) El certificado de pago de los derechos fiscales correspondientes.

La solicitud de patente no merecerá ninguna consideración, a menos que se ajuste a todas las reglas de la oficina de patentes. La labor de los abogados especializados en patentes consiste en asegurar la preparación y presentación adecuada de los formatos de solicitud. (En algunos países es indispensable que la solicitud se haga por intermedio de un abogado inscrito en la oficina de patentes o propiedad industrial).

Solicitud y declaración juramentada. La solicitud y la declaración juramentada, generalmente, van combinadas en una sola forma; mediante este documento, el inventor pide le sea otorgada una patente para su invento. La declaración juramentada es una proposición en donde el inventor manifiesta creer ser el inventor original de la invención descrita en su solicitud. Esta declaración se presenta según una forma sugerida por la oficina de patentes y autenticada ante un notario público.

Especificaciones de la patente. Las especificaciones o descripción de la patente deben

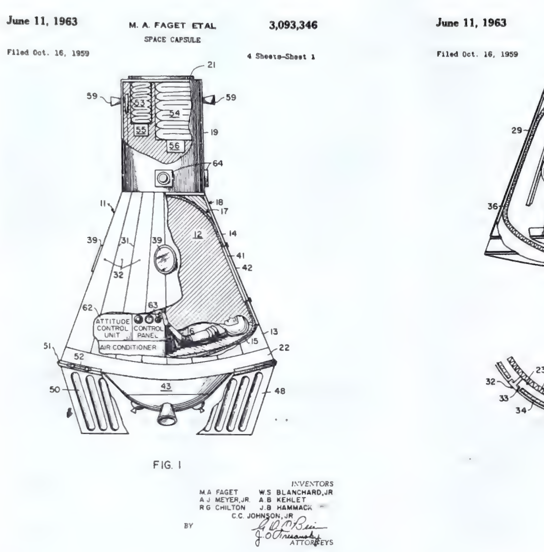


Fig. 15-14. Dibujo de patente para la cápsula espacial desarrollada por la National Aeronautics and Space Administration (NASA).

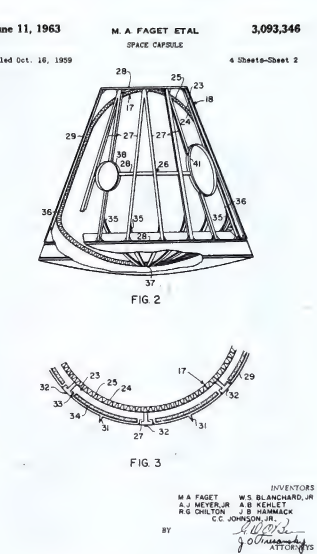


Fig. 15-15. Detalles estructurales de la cápsula espacial.

adjuntarse a la solicitud en forma escrita y deben contener la descripción detallada de la invención, de tal manera que un experto en la materia pueda producir el artículo. Esta descripción debe señalar específicamente las características que distinguen la invención de otras patentes similares. El texto debe referirse a las figuras por su número y por el número de las partes (figs. 15-14 a 15-17).

Se sugiere el siguiente formato para las especificaciones:

a) Título de la invención, o un encabezamiento que comprenda nombre, ciudadanía y domicilio del solicitante, y el título de la invención.
b) Un resumen corto de la invención.
c) Si hay dibujos, una breve descripción de las vistas dadas.
d) Descripción detallada.
e) Reivindicaciones.

Las reivindicaciones consisten en descripciones breves de los detalles de la invención que constituyen características nuevas con respecto a patentes existentes. Las reivindicaciones son los elementos más importantes de la patente, puesto que se toman como fundamento para asegurar la novedad y patentabilidad de una invención. Una invención puede incorporar varias reivindicaciones, las cuales deben proponerse por separado a la parte de especificaciones. La descripción de un diseño debe ser clara, concisa y consecuente con la terminología técnica.

Derechos fiscales. La solicitud de patente debe ir acompañada del recibo de pago de

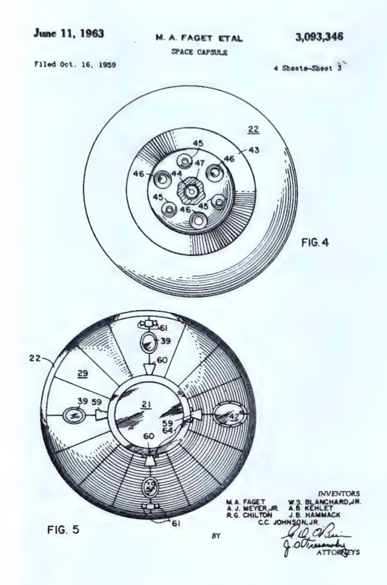


Fig. 15-16. Vistas de arriba y de base de la cápsula espacial.

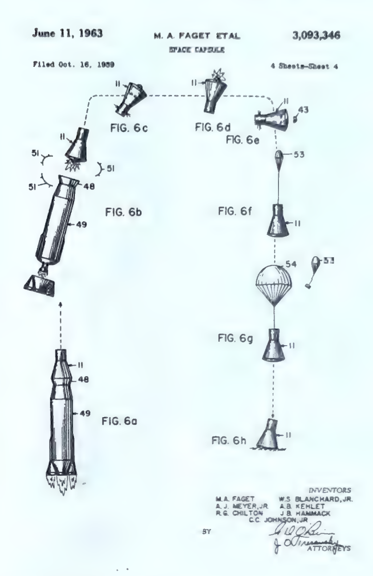


Fig. 15-17. Secuencia de eventos de la cápsula espacial desde el lanzamiento hasta su aterrizaje.

los derechos fiscales e impuestos correspondientes. Estos gastos incluyen un derecho básico de solicitud y, en algunos países, una cuota extra por cada reivindicación en exceso de diez. Una vez aceptada la solicitud y vencido el término de oposición, el solicitante debe cancelar los derechos de emisión y publicación de la patente. (Estos derechos varían según el país, el contenido y la extensión de la patente.)

15-14 ELABORACION DE DIBUJOS PARA PATENTES

Cuando quiera que se necesiten dibujos para describir una invención, éstos deben adjuntarse a la solicitud de patente. En algunos casos puede ser conveniente elaborar diagramas de flujo, esquemas y otros gráficos similares. Debido a la gran cantidad de patentes que se procesan en una oficina de patentes, es imprescindible que todos los dibujos cumplan con un conjunto de normas y reglas establecidas; de otra manera, es improbable su aceptación.

Las oficinas gubernamentales pertinentes generalmente disponen de folletos en donde se señala el procedimiento adecuado para elaborar los dibujos de patentes. Las siguientes secciones presentan la mayoría de los procedimientos e ilustraciones comúnmente aceptados. En general, la mayoría de estas reglas son muy parecidas a las prácticas convencionales de ingeniería. Las reglas específicas acerca de tamaño del papel, espaciamientos y nomenclatura son de vital importancia, dado que un dibujo bien elaborado puede ser rechazado, a menos que se observen los formatos

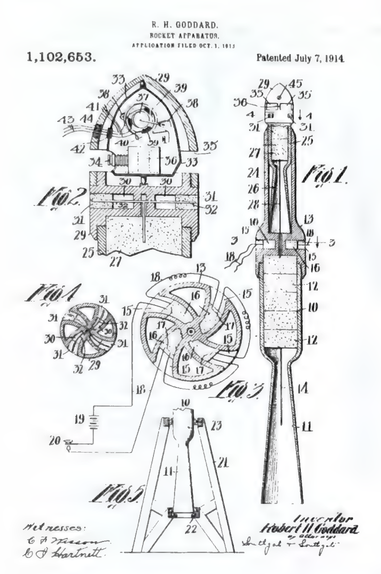


Fig. 15-18. Patente expedida en 1914 para el proyectil de R. H. Goddard.

reglamentarios. Si el inventor no está en capacidad de confeccionar sus dibujos, la oficina de patentes puede referirlo a un experto dibujante (este servicio corre por cuenta del inventor).

15-15 NORMAS DE DIBUJO PARA PATENTES

Cuando se expide una patente, los dibujos completos se imprimen y publican. Los dibujos se reducen en aproximadamente un tercio de su tamaño; esto requiere que los dibujos originales se preparen uniformemente al 150 por 100. Los dibujos deben ser de calidad excelente. Se recomienda ajustarse a las reglas siguientes tanto como sea posible, para evitar el rechazo de la solicitud. Los ejemplos de dibujos de patentes que se reproducen en esta parte del texto ilustran estas reglas.

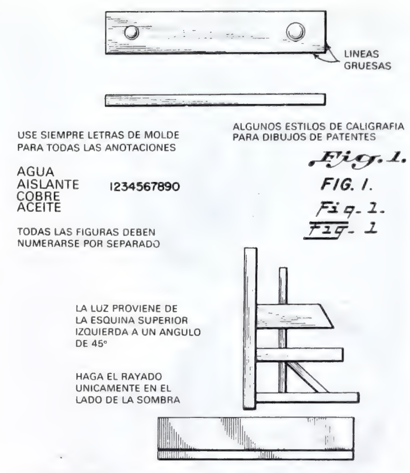


Fig. 15-19. Ejemplos de tipos de líneas y letras recomendados en los dibujos de patentes.



Fig. 15-20. Técnicas de sombreado para dibujo de patentes

Papel y tinta. Los dibujos deben hacerse sobre papel blanco de espesor correspondiente al de la cartulina de dos o tres capas. La superficie debe ser fina y satinada, de tal manera que permita borrones y correcciones. Solamente la tinta china garantiza líneas sólidas perfectamente negras. No se acepta el empleo de pigmento blanco para cubrir líneas.

Tamaño de la hoja y márgenes. El tamaño de la hoja debe ser de 25 × 35 cm, con una margen de 25 mm por todo lado; esto deja un espacio de trabajo de 20 × 30 cm. Todas las partes del trabajo deben permanecer dentro de estos límites. La parte superior de la hoja corresponde a uno de los lados cortos. Debe dejarse en blanco un espacio de por lo menos 30 mm, a partir del margen superior, para el encabezamiento que imprime la oficina de patentes. La fig. 15-18 muestra un ejemplo de estos encabezamientos.

Calidad de las líneas. Todas las líneas y letras deben ser perfectamente negras; no importa su espesor. Todas las líneas deben trazarse con instrumentos; debe evitarse el trabajo a mano alzada. Las líneas no deben quedar aglomeradas.

Rayado y sombreado. El rayado empleado para sombrear las superficies de un objeto debe consistir de líneas separadas al menos 1 mm (fig. 15-20). Las superficies que quedan en la sombra se rayan con líneas de tipo grueso; sin embargo, estas líneas deben evitarse cuando produzcan confusión en el dibujo. Se supone que la luz incide a un ángulo de 45° y proviene de la esquina superior izquierda. La fig. 15-20 ilustra esta forma de sombreado. Las figs. 15-21 y 15-22 muestran algunos tipos de delineamiento de superficies; observe el método de indicar los chaflanes en la vista de arriba del objeto de la figura 15-22. Note también la línea gruesa empleada en la intersección del plano horizontal con el chaflán recto y la línea fina empleada en el contorno, con el fin de simular una superficie biselada o achaflanada.

Escala. La escala debe ser lo suficientemente grande como para mostrar el dibujo en

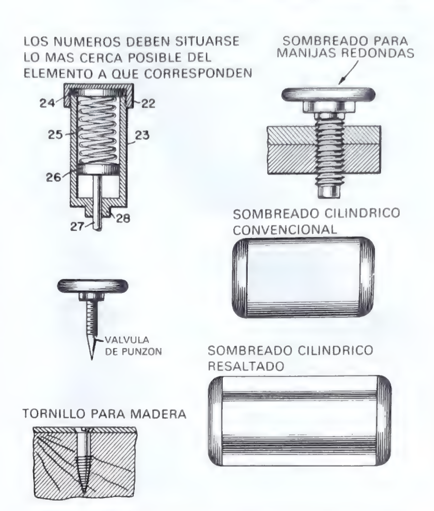


Fig. 15-21. Métodos de numerar partes y de describir detalles en dibujos de patentes.

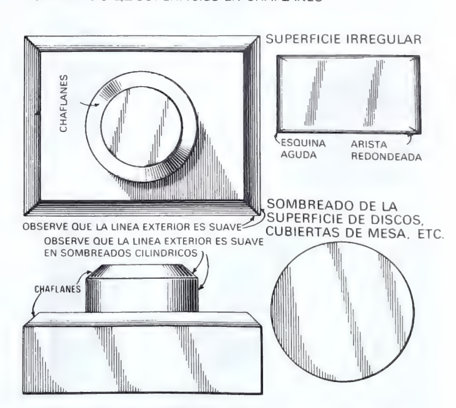


Fig. 15-22. Representación de superficies y chaflanes en dibujo de patentes.

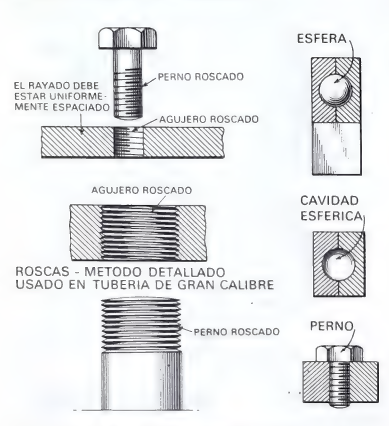


Fig. 15-23. Técnicas de representación de roscas y accesorios pequeños en dibujos de patentes.

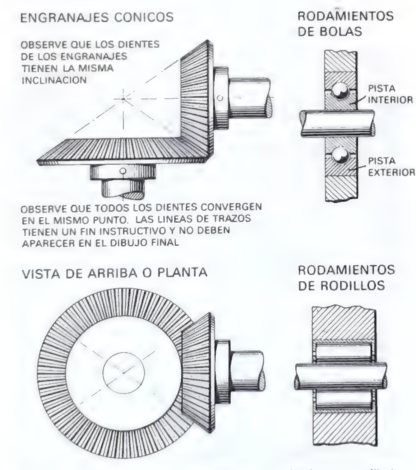


Fig. 15-24. Representación de engranajes y rodamientos en dibujos de patentes.

forma clara aun después de la reducción necesaria para su reproducción. Algunas partes del mecanismo pueden dibujarse a mayor escala para mostrar detalles adicionales. Para efectos de patentes, se pueden agregar todos los dibujos que se deseen, pero sólo deben presentarse aquellos que sean estrictamente necesarios.

Caracteres de referencia. Las diversas vistas de un mecanismo deben estar identificadas mediante números consecutivos caligrafiados en forma simple y legible (no deben encerrarse en círculos). Estos números deben tener una altura mínima de 3 mm y deben estar situados cerca de las partes que identifican, sin llegar a interferir con la claridad del dibujo, tal como se muestra en la fig. 15-21. Las líneas de referencia se emplean para señalar la parte identificada. No se deben anotar números en las superficies rayadas, a menos que dentro de ellas se deje un espacio en blanco para ese fin. Cuando una misma parte aparece en más de una vista, el mismo número debe designarla en todos los casos y éste no debe emplearse para señalar otros elementos.

Símbolos. Las oficinas de patentes sugieren los símbolos empleados para representar materiales en corte, componentes eléctricos y accesorios mecánicos; en general, éstos están de acuerdo con las normas convencionales de dibujo de ingeniería presentadas en los capítulos 5 y 18. Todos los símbolos que se empleen deben aparecer convenientemente identificados en las especificaciones. En el dibujo se pueden agregar frases explicativas a los símbolos utilizados.

Nombres y firmas. En la esquina inferior izquierda de cada hoja, bien sea dentro o bajo la línea marginal, debe aparecer la firma del solicitante o el nombre del solicitante y la firma del abogado o representante.

Vistas. Los planos de la patente deben contener tantas figuras como sean necesarias para explicar la invención. De ser posible, las figuras deben enumerarse consecutivamente según su orden de aparición. Las figuras pueden ser vistas de planta, de elevación, cortes, perspectivas, o vistas de detalle. Las figs. 15-23 y

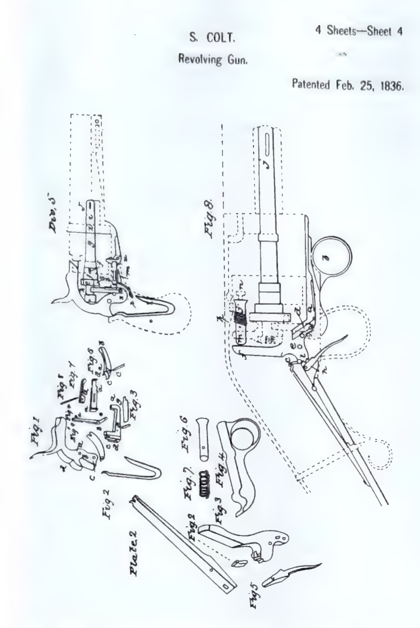


Fig. 15-25. Conjunto de partes empleadas para describir el funcionamiento de una patente.

15-24 son ejemplos de vistas empleadas para ilustrar una patente. El sombreado se usa para indicar la forma de los componentes y los detalles de cada elemento. Las vistas explicadas, tal como la del revólver Colt (fig. 15-25), se pueden emplear ventajosamente para describir el ensamble de las diversas partes de un mecanismo. No deben existir líneas de proyección entre vistas. Los encabezamientos y firmas de todas las hojas deben ir colocados en la misma posición, bien sea que el dibujo se lea desde la derecha o desde la parte inferior de la hoja. Aunque se desea que el dibujo se organice de tal modo que pueda leerse desde la parte inferior de la hoja, esto no siempre resulta práctico.

No se permite que en la hoja de dibujo aparezca ninguna clase de información extraña, como los sellos o direcciones del abogado. Los dibujos finales deben presentarse en forma plana, convenientemente empastados o enrollados en tubos de cartón. No se aceptan planos doblados o mutilados. Una vez aceptada la patente, los dibujos presentados no se retornan al solicitante, sino que permanecen dentro del archivo permanente.

15-16 INVESTIGACION DE PATENTES

Una patente no se otorga siempre que se solicita. La patente se expide únicamente después de que los examinadores de la oficina de patentes han revisado las patentes existentes hasta comprobar que la invención no ha sido patentada previamente; ésta es la diligencia que más tiempo consume durante el trámite de una patente. El inventor puede recurrir a abogados de patentes, con el fin de que conduzcan investigaciones preliminares que determinen si su invención interfiere con otra para asegurar la aceptación de su solicitud; esto no garantiza, sin embargo, que el examinador oficial no descubra patentes existentes de la misma invención.

El archivo de las oficinas de patentes está organizado en clases y subclases según la materia de las invenciones. El revisor generalmente estudia la subclase correspondiente a las patentes clasificadas en el mismo campo de la solicitud pendiente, aunque ésta también puede ser desautorizada por patentes aparentemente pertenecientes a otras áreas.

15-17 INFORMACION SOBRE PATENTES

En cada país, la oficina gubernamental de patentes dispone de una serie de publicaciones dirigidas a orientar al interesado en todo lo referente a la solicitud de patentes de invención. Estas publicaciones pueden ser:

1) *Boletín de Patentes*. En donde se publican las especificaciones y planos de las patentes expedidas diaria o semanalmente. Las figs. 15-26 y 15-27 muestran ejemplos de dibujos y especificaciones publicados

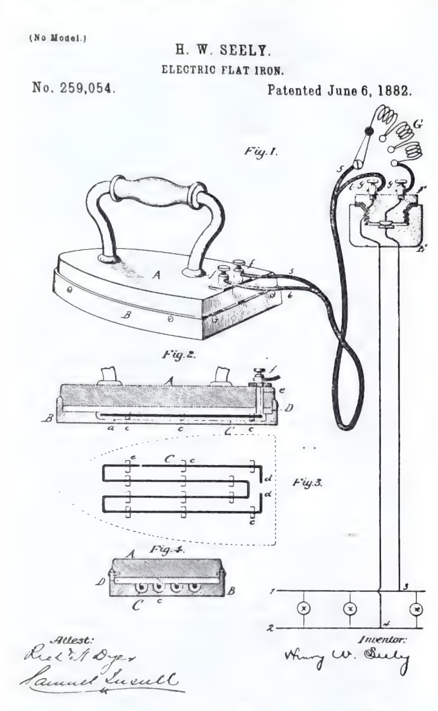


Fig. 15-26. Dibujo completo de la patente de la plancha eléctrica.

por una oficina de patentes. Este boletín también puede contener información concerniente a marcas de manufactura, edictos judiciales, índices de patentes e inventores y listas de patentes en licencia o en venta.

2) *Indice anual de patentes* en orden alfabético de autores y materias.

3) *Manual de clasificación.* En donde aparece la lista de clases y subclases de invenciones y otros datos relacionados.

4) *Legislación sobre propiedad industrial.*

5) *Reglamento de oficina de patentes.*

6) *Información general sobre patentes.* Dirigida a ilustrar al público en general acerca del proceso de obtención de patentes.

7) *Registro de abogados y agentes inscritos en la oficina de patentes.*

8) *Guía para dibujantes de patentes.* En donde se establecen las prácticas aceptadas y se presentan ilustraciones de ejemplos.

15-18 PREGUNTAS Y RESPUESTAS SOBRE PATENTES

Hasta aquí se ha repasado brevemente el procedimiento general de obtención de patentes a manera de introducción básica. Se recomienda siempre acudir a la asistencia de un abogado o agente de patentes calificado en cuanto concierne a la solicitud industrial; sin embargo, es conveniente que las personas que están en condiciones de desarrollar ideas patentables posean un conocimiento general de la reglamentación pertinente.

La mayoría de las preguntas y respuestas que se enumeran a continuación aparecen en el folleto *Questions and Answers About Patents*, que publica la Oficina de Patentes de los Estados Unidos. Esta información se presenta como complemento de las secciones referentes a patentes.

Naturaleza y duración de las patentes.

1. P. *¿Qué es una patente?*
   R. Una patente es un título expedido por el gobierno de un país, en el cual se otorga al inventor el derecho de prohibir a otros la manufactura, uso y venta de su invención dentro del territorio nacional.

2. P. *¿Cuál es la vigencia de una patente?*
   R. Este período varía generalmente entre diez y veinte años, prorrogables o no, según el país y según la naturaleza de la invención.

3. P. *¿Tiene el inventor algún control sobre el uso de su patente (es decir, su invención) una vez que ésta ha expirado?*

UNITED STATES PATENT OFFICE.

HENRY W. SEELY, OF NEW YORK, N. Y., ASSIGNOR OF TWO-THIRDS TO RICHARD N. DYER AND SAMUEL INSULL, OF SAME PLACE.

ELECTRIC FLAT-IRON.

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. 259,054, dated June 6, 1882.

Application filed December 9, 1881. (No model.)

To all whom it may concern:

Be it known that I, HENRY W. SEELY, a citizen of the United States, residing at New York, in the county and State of New York, have invented a new and useful Electric Flat-Iron, of which the following is a specification.

The object of my invention is to utilize electric currents derived from any suitable source of electric energy for the purpose of heating flat-irons, fluting-irons, and other similar utensils. To accomplish this object I place within the iron and close to its face a resistance, preferably of carbon, and of such size and shape that it will heat the face of the iron sufficiently and equally. This resistance has terminals, by means of which it may be connected in an electric circuit, preferably a multiple-arc circuit of an electric lighting system.

In the accompanying drawings, Figure 1 is a perspective view of a flat-iron connected with a multiple-arc system of electric lighting; Fig. 2, a vertical longitudinal section of the iron; Fig. 3, a plan view of the heating-resistance, and Fig. 4 a transverse vertical section of the iron.

Similar letters of reference refer to corresponding parts in all these figures.

The base of the flat-iron is made in two parts, A B, the upper part, A, fitting into the lower one, B. In the interior of B is formed a groove, *a*, whose shape corresponds to that of the carbon resistance C, which is laid in the groove. This resistance is preferably molded or formed as one continuous piece of carbon, though, instead of this, a number of carbon sticks could be laid parallel in grooves connected together by wires electroplated to their ends. To prevent contact between the carbon and the metal below and around it, it is laid in supporting-saddles *c c*, of some suitable non-conducting and non-combustible material.

Above the resistance is placed a layer, D, of an insulating substance, which is also both non-combustible and a poor conductor of heat. This substance is preferably one which can be put in its place while in a soft or plastic condition and then allowed to harden—as, for instance, plaster-of-paris. Before pouring in such substance the grooves and resistance should be covered with a sheet of paper or similar material, in order that the plastic substance may not penetrate between the carbon and the iron, and thus impair the conduction of heat between them. The upper part, A, of the iron is set directly upon the top of the insulating substance D, and is secured to the lower part by rivets, or in any other suitable manner.

If desired, a packing of felt or other substance which is a non-conductor of heat may be placed in the joint between A and B, so that all the heat will be retained in the lower part of the iron.

The ends *d d* of the resistance C are electroplated or otherwise attached to wires which pass up through an aperture, *e*, (being insulated from the iron where they pass through it,) to binding-posts *f f*, attached to a plate of insulating material fastened to the top of the base. By means of these binding-posts connection is made with the wires from any suitable source of electricity.

In Fig. 1 the flat-iron is shown in connection with a multiple-arc system of electric lighting. 1 2 are floor-mains of the system in derived circuits, from which are placed incandescent electric lamps, (represented at *x x*.) 3 4 is a multiple-arc circuit leading to the interior terminals of an ordinary lamp-socket, E. From this the lamp has been removed, and instead a plug, F, having exterior terminals corresponding to the socket-terminals, is placed in the socket. The plug-terminals are connected to binding-posts *g g*, from which flexible conducting-wires 5 6, of sufficient length to allow the iron to be moved back and forth, lead to the binding-posts *f f*.

An adjustable resistance, G, may, if desired, be placed in the circuit between the socket and the iron, in order that the heat of the latter may be properly regulated.

A safety-catch should be provided, preferably located within the plug F, to protect the system in case of a short circuit occurring.

It is evident that my invention could be applied to fluting-irons in which a curved corrugated iron bears on a corrugated base by placing a heating-resistance in the base, or in both the base and the moving iron.

2 259,054

What I claim is—

1. The combination, with a flat-iron or similar utensil, of an electrical resistance located within the same, the face of said iron being heated by radiation from said resistance, substantially as set forth.

2. A chambered flat-iron or similar utensil, in combination with an electrical resistance inclosed entirely thereby, whereby all the heat radiated from such resistance will be utilized, substantially as set forth.

3. A chambered flat-iron or similar utensil, in combination with an electrical resistance inclosed thereby, and a layer of non-heat-conducting material to confine the heat to the face of the iron, substantially as set forth.

This specification signed and witnessed this 6th day of December, 1881.

HENRY W. SEELY.

Witnesses:
RICHD. N. DYER,
SAMUEL INSULL.

Fig. 15-27. Especificaciones completas de la patente de la plancha eléctrica. Estas copias se pueden adquirir en la oficina de patentes.

R. No, cualquier persona está en libertad de emplear una invención protegida por una patente expirada, en tanto no use alguna de las características protegidas por otra patente aún vigente.

4. P. *¿Sobre qué materias se puede expedir una patente?*
R. Es posible otorgar patente al inventor de cualquier proceso, máquina, manufactura o material nuevos y útiles; o cualquier perfeccionamiento nuevo y útil de éstos; o cualquier variedad vegetal nueva y diferente de las tuberosas, las cuales se reproducen asexualmente; o diseño ornamental nuevo y original para un artículo manufacturado.

5. P. *¿En qué materias no se puede expedir una patente?*
R. No se expiden patentes que protejan artefactos inútiles, material impreso, métodos de negociar, perfeccionamientos de accesorios evidentes a personas expertas en el arte, máquinas que no funcionan, especialmente la supuesta máquina de movimiento perpetuo.

Significado de las palabras «patente pendiente»

6. P. *¿Qué significan los términos «patente pendiente» o «patente en trámite»?*
R. Estos términos los emplea el fabricante o vendedor de un artículo para informar al público que ya ha solicitado de la oficina de patentes una patente que proteja el artículo dado. La ley considera multas para quienes emplean falsamente estos términos con el propósito de engañar al público.

Solicitudes de patente

7. P. *Suponga que el inventor ha hecho algunos cambios y mejoras en su invención después de entregar la solicitud a la oficina de patentes. ¿Es posible enmendar la solicitud de patente, agregando una descripción o ilustración de estas características?*
R. No. La ley prohíbe específicamente la adición de elementos nuevos al contenido de una solicitud de patente. Sin embargo, el inventor debe notificar a su agente o abogado los cambios que puede o piensa efectuar, con el fin de que él pueda tomar o recomendar las medidas necesarias para su protección.

8. P. *¿Cómo se solicita una patente?*
R. Efectuando la solicitud y siguiendo los trámites correspondientes a la respectiva oficina de patentes o de propiedad industrial.

9. P. *¿Cuál es la mejor forma de elaborar la solicitud?*
R. Puesto que la elaboración y trámite de una solicitud comprende un proceso bastante complicado, se recomienda que se haga por intermedio de un abogado experto en este campo. Las oficinas de Patentes recomiendan, y en algunos casos exigen, que el inventor emplee un abogado o agente de patentes inscrito en ellas.

10. P. *¿De qué consta una solicitud de patente?*
R. De una certificación de pago de los derechos de solicitud, solicitud propiamente dicha, especificaciones, reivindicaciones que describan y definan la invención, declaración juramentada y planos que ilustren la invención. Los derechos de solicitud y de expedición varían según el país y la extensión, el número de reivindicaciones y la forma de presentación de la solicitud.

11. *¿Es necesario presentar modelos como parte de la solicitud?*
R. Solamente en casos excepcionales. Aunque la oficina de patentes tiene el derecho de exigir la presentación de modelos, rara vez lo hace.

12. P. *¿Se puede solicitar el concepto de la oficina de patentes acerca de la conveniencia de solicitar una patente?*
R. No, estas oficinas únicamente estudian la patentabilidad de una invención cuan-

do esta pregunta se hace formalmente en una solicitud de patente.

13. P. *¿Existe algún riesgo de que la oficina de patentes dé a terceros información sobre asuntos contenidos en una solicitud en trámite?*
R. No, todas las solicitudes de patente se mantienen en secreto absoluto hasta cuando se expide la patente. Sin embargo, una vez expedido el título, la solicitud y toda la correspondencia pertinente al caso pasan al archivo de inspección, en donde están a la disposición del público; además, es posible adquirir copias de estos archivos.

14. P. *¿Qué sucede cuando dos inventores, independientemente, solicitan patente para la misma invención?*
R. Se declara un estado de «interferencia»; en este caso puede ser necesario allegar a la oficina de patentes testimonios que le permitan determinar a cuál inventor corresponde la patente. Para mayor información, es conveniente consultar a un abogado o agente de patentes.

Cuándo se debe solicitar una patente

15. P. *¿Es posible solicitar y obtener una patente para un producto cuyo inventor ha estado fabricando y vendiendo por algún tiempo sin haber hecho la solicitud?*
R. Esto depende del tiempo en cuestión y de la legislación específica de cada país. En algunos países, no es posible obtener una patente cuando la invención ha estado en venta o en uso públicos más de un año antes de solicitar la patente; no importa que ésta haya sido promovida por el inventor.

16. P. *Es posible solicitar y obtener una patente para una invención cuya descripción fue publicada (por el solicitante) en una revista hace algún tiempo?*
R. Lo mismo que en la pregunta anterior, depende del tiempo y de la legislación del país. En algunos países no se otorgará la patente si la invención ha sido descrita en una publicación impresa, en cualquier parte del mundo, más de un año antes de hacer la solicitud formal; no importa que el inventor (solicitante) haya sido el autor del artículo.

Quién puede obtener una patente

17. P. *¿Hay alguna restricción en cuanto a las personas que puedan obtener una patente?*
R. No, cualquier inventor, no importa su edad, sexo o ciudadanía, tiene los mismos derechos, siempre y cuando se cumplan las condiciones que impone la ley.

18. P. *¿A quién se otorga la patente en aquellos casos en los cuales dos o más personas han trabajado en equipo para lograr una invención?*
R. Si cada uno ha aportado ideas a la invención, se les considera inventores asociados y la patente se expedirá como tales, siempre y cuando la hayan solicitado en conjunto. De otra parte, si sólo una de estas personas ha aportado todas las ideas de la invención y los demás se han limitado a seguir instrucciones, esta persona se considera como inventor único y, por tanto, la solicitud y el título de la patente deben ir en su nombre únicamente.

19. P. *¿Es posible solicitar una patente colectiva por dos personas, una de las cuales ha aportado todas las ideas para la invención y la otra es un patrono o ha aportado los fondos necesarios para construir y ensayar la invención?*
R. No. La solicitud debe hacerse a nombre del inventor únicamente. Es decir, a nombre de la persona que proporciona las ideas, y no del patrono o persona que provee la financiación.

20. P. *¿Puede expedirse una patente cuando el inventor muere antes de hacer la solicitud correspondiente?*
R. Sí, en este caso, la solicitud debe hacerla su albacea o administrador.

21. P. *En otro país, hay en venta cierto artículo que no ha sido promovido, descrito o patentado en éste. ¿Es posible, en este país, que una persona que no sea su inventor obtenga la patente para este artículo?*
R. No. La patente sólo la puede obtener su inventor, y no la persona que conoce la invención de otra.

Propiedad y venta de los derechos de patente

22. P. *¿Es permitido que el inventor venda o transfiera de algún modo a otra persona los derechos que le confiere su patente o solicitud de patente?*
R. Sí, puede vender en todo o en parte las reivindicaciones de su solicitud o patente, mediante una declaración escrita. Sin embargo, la solicitud debe ir a nombre del inventor, y no de la persona que haya comprado sus derechos.

23. P. *¿Es conveniente efectuar una investigación de patentes antes de solicitar una patente?*
R. Sí, con el fin de evitarse molestias que serían inútiles en caso de encontrar patentes existentes sobre el tema de la solicitud.

Investigación de patentes

24. P. *¿En dónde se puede hacer una investigación de patentes?*
R. En el archivo público que para tal fin tiene organizado la oficina de patentes.

25. P. *¿Es deber de la oficina de patentes conducir investigaciones de patentes con el fin de ayudar al inventor a decidir sobre la conveniencia de su solicitud?*
R. No, pero, en general, se le ayuda al inventor a localizar las clases y subclases correspondientes y, por un precio establecido, se le suministran listas de invenciones y copias de patentes.

Información técnica disponible en las patentes

26. P. *¿Se puede obtener información, mediante las patentes, con el fin de resolver un problema de índole técnica o científica?*
R. Las oficinas de patentes disponen de un gran archivo de información técnica disponible para quienes deseen estudiar algún campo específico de interés. Además, es posible adquirir copias de las patentes existentes. Las bibliotecas también poseen copias de patentes, debidamente clasificadas y empastadas, y de las publicaciones de la oficina gubernamental de patentes.

Usurpación de patentes

27. P. *El hecho de poseer una patente sobre una invención, ¿garantiza la protección contra reclamos acerca de la usurpación de otras patentes al intentar fabricar, usar o vender la invención?*
R. No. Puede existir una patente básica, de la cual la citada invención constituya un perfeccionamiento. Por tanto, si la invención es un perfeccionamiento de algún detalle o característica, no se puede emplear la patente básica sin el consentimiento de su inventor. En cualquier caso, es conveniente obtener asistencia legal antes de decidir la producción, venta o uso convencional de una invención, aunque esté protegida por una patente.

Protección de los derechos de patentes de invención

28. P. *¿Es función de la oficina de patentes colaborar en las diligencias judiciales contra quienes usurpan los derechos de una patente?*
R. No. Esto está fuera de la jurisdicción de la oficina de propiedad industrial; es asunto de una corte judicial y corre por cuenta y riesgo del inventor perjudicado.

Protección de patentes en el extranjero

29. P. *La patente de un país determinado, ¿garantiza la protección de la invención en otros países?*
R. No. La patente nacional sólo protege la invención en el país de expedición. Si se desea proteger la invención en otros

países, es necesario elevar sendas solicitudes y cumplir con las condiciones que para tal fin sean contempladas en las leyes de cada país.

15-19 RESUMEN

La responsabilidad primordial del ingeniero o diseñador durante la presentación de un concepto nuevo u original es su comunicación. Resulta relativamente fácil describir un objeto o sus detalles cuando éstos son bien conocidos por la audiencia. Sin embargo, es difícil explicar aun el más sencillo de los artefactos domésticos cuando nunca antes se ha visto su diseño. La incapacidad para lograr una comunicación eficiente puede conducir al rechazo de buenos diseños.

Los dos tipos básicos de comunicación discutidos en este capítulo fueron: (1) presentación para decisión y (2) presentación para realización. La presentación para decisión lógicamente precede a la realización del diseño. Cuando el diseño es relativamente sencillo y no va a producirse a gran escala, el diseñador puede ser el responsable de la decisión final sin asistencia de otros. Sin embargo, y con mayor frecuencia, él trabajará como miembro de un equipo que debe mantenerse intercomunicado durante todo el proceso evolutivo del diseño. La decisión final puede recaer en otros miembros de la organización que evaluarán el diseño con base en la presentación que de él haga el diseñador o el equipo de diseño. El procedimiento para organizar la presentación ante un grupo es muy semejante al seguido cuando es una sola persona quien toma la decisión. La diferencia principal radica en la preparación de ayudas visuales empleadas para comunicar las ideas.

El informe de ingeniería es un instrumento necesario que condensa los resultados y descubrimientos de un proyecto de investigación. En general, los ingenieros no se destacan precisamente por su habilidad para escribir; en consecuencia, frecuentemente reciben críticas injustificadas y fallan en el logro de sus propósitos. Dos tipos de informe técnico son: (1) el de propuesta y (2) el informe final. Cada uno de estos informes es indispensable para la aceptación de la solución del proyecto y, en general, para la eficiente operación de una organización de ingeniería.

La comunicación no debe subestimarse ni simplificarse en exceso. Por el contrario, en la opinión de ingenieros experimentados, este asunto de la comunicación es el problema más importante que enfrenta la profesión. Por tanto, debe tratarse por todos los medios de lograr la mejor comunicación posible.

PROBLEMAS

Decisión

1. Empleando el método de hojas de trabajo (figura 15-1) para evaluar las diferentes alternativas de una situación dada, tome una decisión en las siguientes situaciones. Enumere ventajas y desventajas de cada una y defina sus conclusiones finales. Todo el trabajo debe estar caligrafiado en letra legible tal que sea fácil leer y revisar sus ideas. Decida, en cada situación, lo que sea más conveniente para usted: comprar un automóvil o una motocicleta; vivir en una residencia estudiantil o en un apartamento privado fuera de la universidad; seguir estudios de postgraduado o trabajar con el título inicial; el valor de seguir estudios de ingeniería o en otro campo de su interés; en un automóvil, el empleo de un motor enfriado por aire, comparado con uno enfriado por agua. Proponga un conjunto parecido de alternativas para su comparación y expóngalo ante el instructor para su aprobación.

2. Aplique el método de evaluación de las hojas de trabajo a uno de los problemas que usted ha desarrollado con el propósito de decidir acerca de la solución que reúne más méritos para desarrollo posterior o ejecución.

Informes técnicos

3. Explique y dé ejemplos de por qué es importante para un diseñador o ingeniero el desarrollar habilidades para comunicar sus ideas a sí mismo o a un grupo. Limite su respuesta a una página escrita a máquina.

4. Escriba una propuesta para el diseño que le gustaría seguir como proyecto de clase. Elabore el calendario de actividades en concordancia con el programa que le asigne el profesor. Explique la importancia y el valor de este problema, una vez esté resuelto a satisfacción. Determine el presupuesto y considere su tiempo como el gasto más importante. Este gasto puede estimarse asignando a sus esfuerzos un valor comparable al de los salarios corrientes de un ingeniero o técnico en su campo. Entregue al instructor su propuesta empastada para su aprobación o rechazo.

5. Elabore informes de progreso referentes a los proyectos en desarrollo, a intervalos de tiempo asignados por el profesor. Estos informes deben presentarse en forma de memorando o carta. Agregue esquemas tipo PERT que ilustren el estado de su proyecto.

6. Elabore un informe técnico cuya finalidad sea ayudarle a mejorar sus conocimientos acerca de su campo de estudio. Utilice el formato y organización presentados en las secciones 15-8 y 15-9. Enumere los objetivos de su informe y defina el método que planea utilizar en la investigación tendiente a evaluar completamente el área de estudio. Deben emplearse gráficos, diagramas y esquemas para presentar datos y cifras estadísticas difíciles de explicar verbalmente. Se recomienda escribir a máquina y empastar el informe. En el texto debe hacerse referencia al material de biblioteca y a las personas consultadas, ya sean simples conocidos o practicantes profesionales.

7. Elabore un informe final que exponga sus actividades en el diseño que le ha sido asignado como proyecto de clase. Presente todas sus actividades, incluyendo los planos completos. También, en el apéndice, agregue los bosquejos preliminares y demás datos de importancia, junto con su plan de trabajo y formas PERT que permitan apreciar la organización de su proyecto.

Patentes

8. Consiga una copia de una patente que pueda ser de su interés. Enumere las características que se emplearon para justificar la obtención de la patente.

9. Sugiera modificaciones que puedan emplearse para cambiar la patente mencionada en el problema anterior. Bosqueje las modificaciones que representen perfeccionamientos en el mecanismo patentado.

10. Consiga un formato de solicitud de patente. Elabore una solicitud para una invención sencilla ya patentada, por ejemplo, un estilógrafo o un instrumento de dibujo. Defina qué dibujos y materiales deben acompañar la solicitud.

11. De acuerdo con las normas establecidas en la sección 15-15, elabore los dibujos necesarios para describir un objeto sencillo patentado, tal como los mencionados en el problema anterior. Trate de obtener un acabado que asegure la aceptación de sus dibujos como aquellos de una patente.

12. Haga una lista de ideas que usted crea patentables. Estas pueden ser ideas desarrolladas durante su trabajo en los problemas de diseño asignados en clase.

13. Escriba un informe técnico en donde se investigue la historia y significado del sistema de patentes y su papel dentro de la sociedad industrial en que vive. Consulte la biblioteca y las publicaciones gubernamentales existentes. Presente información y datos que incrementen sus conocimientos respecto de las patentes.

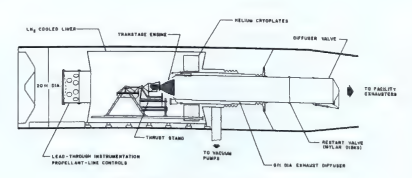
16 REPRESENTACION TRIDIMENSIONAL



16-1 INTRODUCCION

La comunicación de ideas y conceptos es una de las necesidades más importantes de la industria moderna, puesto que en ésta se necesita que un gran número de personas trabajen como un todo en busca de un objetivo común. Es imposible para una sola persona o un pequeño grupo de supervisores el transmitir ideas e instrucciones con base en una comunicación de hombre a hombre; por esta razón los planos de ingeniería y las especificaciones escritas se emplean universalmente para la realización de cualquier proyecto. La complejidad de los planos convencionales de ingeniería hace difícil su interpretación; de ahí, la necesidad de métodos mejorados para la presentación de diseños complicados. Un método para mejorar la comunicación de detalles de diseño es el empleo de ilustraciones, las cuales transmiten más claramente las ideas, reduciendo las posibilidades de error y la pérdida de tiempo. Las ilustraciones se pueden emplear ventajosamente en varios tipos de comunicaciones, desde los informes técnicos hasta las presentaciones orales. Las ilustraciones pueden ser de varios tipos: dibujos lineales, bosquejos o dibujos artísticos ejecutados con un alto grado de realismo. Hay disponibles gran cantidad de técnicas para representar detalles minúsculos, partes internas, relaciones entre componentes y muchos otros elementos difíciles de abarcar en los planos de trabajo convencionales.

En la fig. 16-1 se muestra esquemáticamente la célula de un cohete para uso en altitudes extremas. Un esquema de este tipo, que muestre los elementos interesantes en forma compacta, es suficiente cuando se presenta la configuración general ante técnicos que están informados sobre el sistema y las relaciones entre sus componentes. La fig. 16-2 muestra una representación más completa de la célula del cohete; en esta figura, los componentes se ilustran con mayor realismo por medio de un sombreado hecho con un aerógrafo por un dibujante técnico. Obsérvese que se han empleado secciones para ilustrar las características interiores y su ensamblaje. Esta ilustración



EQUIPO DE PRUEBA DE UN MOTOR DE RELEVO

CELULA DE CORTE DE GRAN ALTITUD J-2(A)

Fig. 16-1. Diagrama esquemático de un sistema de ingeniería. (Cortesía de Aro, Inc., Arnold Engineering Center.)

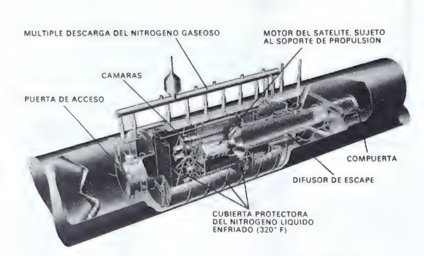


Fig. 16-2. Representación tridimensional del sistema de la figura 16-1. (Cortesía de Aro, Inc., Arnold Engineering Center.)

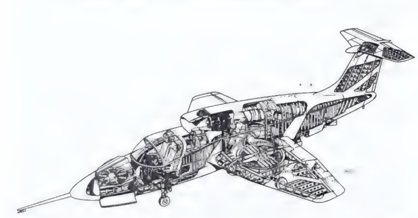


Fig. 16-3. Ilustración que muestra un complicado avión. (Cortesía de Ryan Aeronautics Corporation.)

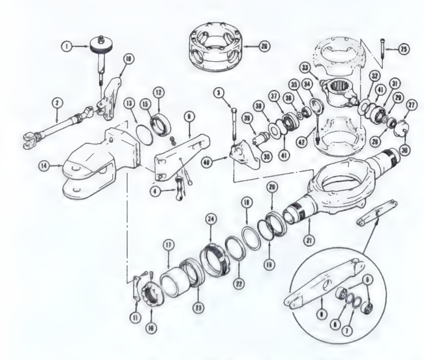


Fig. 16-4. Los despieces explotados de este tipo se usan extensamente en catálogos y manuales de mantenimiento. (Cortesía de Bell Helicopter Corporation.)

es una representación gráfica más cercana a la forma real de la célula del cohete que la del esquema de la fig. 16-1. La información y detalles presentados en la perspectiva de la célula del cohete serían de difícil ejecución por cualquier otro método. (Una fotografía de la unidad completa sería considerablemente menos efectiva, ya que no podría mostrar las partes interiores.) Análogamente, el dibujo lineal del avión de la fig. 16-3 muestra claramente el conjunto de una estructura altamente complicada.

Las representaciones gráficas se emplean extensamente para ilustrar catálogos, manuales de partes y publicaciones de mantenimiento. En algunos casos se emplean fotografías, pero los dibujos en perspectiva son considerados como el medio más efectivo para ilustrar relaciones entre partes. La fig. 16-4 es una ilustración de un manual de mantenimiento y reparación de la Bell Helicopter Corporation. Una ilustración de este tipo no deja dudas respecto al conjunto y nombre de las piezas incluidas. Obsérvese que este conjunto se ha desarmado para separar las partes y facilitar la interpretación. Las ilustraciones pueden mostrar los conjuntos parcialmente emsamblados, siempre y cuando esto no vaya en detrimento de la claridad de la representación. En la fig. 16-5 se muestra otro ejemplo de ilustración, el cual presenta el sistema de ajuste del embrague de un automóvil. Este ejemplo es característico de la cantidad de ilustraciones de los manuales de taller de la Ford, los cuales muestran los diversos ajustes y conjuntos que exigen mantenimiento durante la vida del vehículo.

Las ilustraciones de este tipo pueden ser preparadas por cualquier persona que comprenda los principios de la ingeniería gráfica, proyección ortogonal y proyección de perspectivas; estos últimos se verán en este capítulo. Para presentar partes o conjuntos por medio de perspectivas, no es necesario poseer cualidades artísticas. Por el contrario, las perpectivas pueden ser hechas por cualquier persona que domine la mecánica de los principios de representación tridimensional y esté enterada de las ayudas para dibujo obtenibles en el comercio. La técnica del sombreado y acabado puede

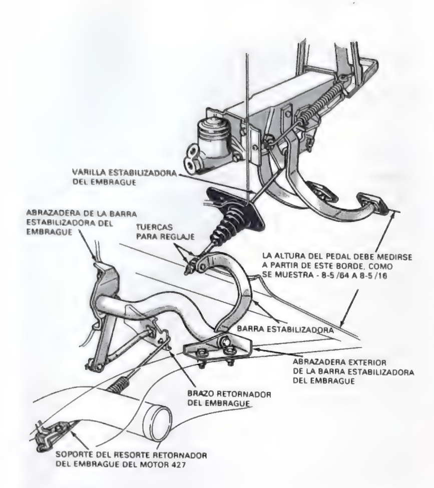


Fig. 16-5. Perspectiva tomada de un manual de taller. (Cortesia de Ford Motor Company.)

aplicarse a los dibujos lineales para darles mayor realismo. En este libro se repasarán brevemente estas técnicas y métodos, que suministrarán la base para estudios más a fondo de esta importante área.

En este capítulo se verán los tipos básicos de sistemas de dibujo en perspectiva: (1) perspectiva isométrica, (2) perspectiva oblicua, (3) proyección axonométrica, (4) proyección oblicua y (5) proyección en perspectiva. Para la construcción de ilustraciones definitivas y aun de bosquejos de las mismas, es necesario familiarizarse con estos sistemas. Las técnicas de acabado se verán como introducción al sombreado y a los procesos comerciales disponibles.

16-2 TIPOS DE PROYECCIONES

Los tipos principales de proyecciones tridimensionales son: (1) proyección axonométrica, (2) proyección oblicua y (3) proyección en perspectiva. Estas proyecciones se ilustran en la fig. 16-6.

La proyección axonométrica es una proyección tridimensional de un objeto sobre

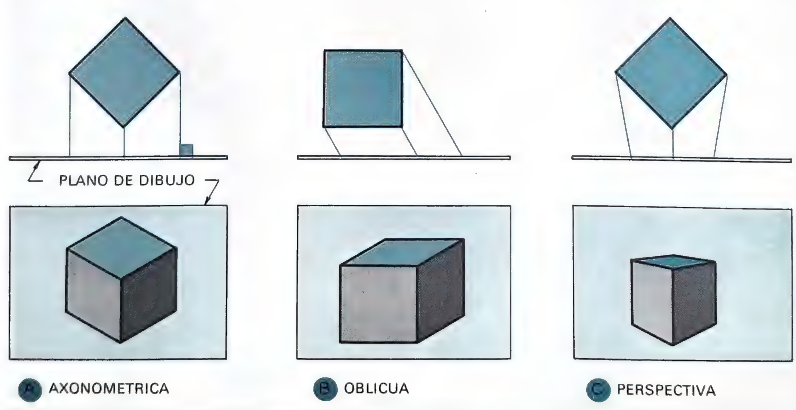


Fig. 16-6. Las tres formas básicas de los sistemas de proyección.

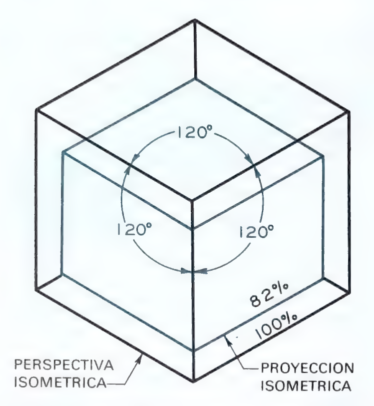


Fig. 16-7. Comparación entre una perspectiva isométrica y una proyección isométrica.

una hoja de papel, la cual se obtiene proyectando a partir del objeto y sobre un plano de dibujo. Obsérvese que en la fig. 16-6A las líneas de proyección paralelas son perpendiculares al plano de proyección; debido a esto, la proyección axonométrica es una forma de proyección ortogonal. La proyección sobre el plano de dibujo produce en la vista de frente un efecto tridimensional. La mecánica de la proyección axonométrica se discutirá más adelante.

La proyección oblicua, como su nombre lo indica, es una representación tridimensional proyectada por medio de líneas de proyección paralelas, pero inclinadas respecto al plano de dibujo, como se muestra en la parte B de la figura. La vista de frente del objeto da un efecto tridimensional. Cualquier superficie paralela al plano de dibujo aparecerá en forma y tamaño verdaderos cuando se proyecte sobre este plano.

La proyección en perspectiva es el sistema de proyección que brinda mayor realismo. Las líneas de proyección se trazan de tal manera que converjan en el ojo del observador y forman ángulos diferentes con el plano de dibujo (fig. 16-6C). En la vista de frente, las líneas horizontales tienden a converger en el horizonte cuando se mira el dibujo terminado.

Cada uno de los tres sistemas de proyección tratados aquí—axonométrica, oblicua y en perspectiva—es una forma de proyección que se obtiene proyectando a partir de las vistas dadas de un objeto, de una manera análoga a como se hizo para encontrar una vista ortogonal. Otros tipos de representación tridimensional comúnmente empleados no son más que versiones simplificadas de estos sistemas y se denominan *perspectivas*. Estos tipos de representación se discutirán en las siguientes secciones.

16-3 PERSPECTIVA ISOMETRICA

Una *perspectiva* isométrica representa un objeto de una forma parecida a la *proyección* isométrica; aun cuando es una técnica simplificada, no es una proyección verdadera. Los ejes para una perspectiva isométrica se trazan igualmente separados en 120°, como se muestra en la fig. 16-7, lo cual permite el uso de la escuadra de 30°-60° para la mayoría de las construcciones. Aunque la *proyección* isométrica de un cubo tiene también sus ejes espaciados 120°, la diferencia entre *ésta* y una *perspectiva* isométrica estriba en las medidas tomadas en la dirección de los ejes. La *perspectiva* isométrica se construye llevando sobre los ejes las medidas reales del objeto; como resultado de esto, la representación obtenida es de mayores dimensiones que la *proyección* isométrica y se presenta distorsionada, debido a la proyección sobre un plano de dibujo. La proyección isométrica es una forma de proyección axonométrica (véase la sección 16-8). En la fig. 16-8 se muestra una comparación entre la perspectiva isométrica y la proyección isométrica de un mismo objeto. Los dibujos son muy parecidos; la principal diferencia está en sus tamaños.

Isométrico significa «igual medida» o, en términos de proyección tridimensional: cada uno de los tres planos de un cubo están igualmente distorsionados. Para obtener este

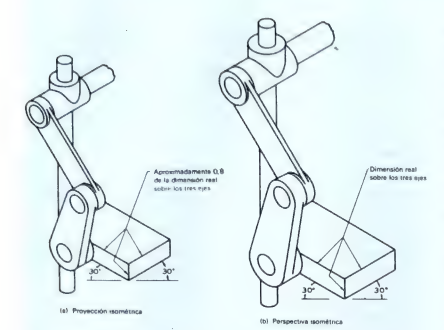


Fig. 16-8. Comparación de un objeto representado en proyección isométrica y perspectiva isométrica. (Cortesía de USASI; Y14-1957.)

efecto, se supone que las líneas de vista están dirigidas hacia abajo en la dirección de la diagonal del cubo. Esta dirección de vista es satisfactoria para un gran rango de necesidades, pero es más apropiada en el caso de objetos relativamente pequeños. Los objetos del tamaño de un edificio o más grandes pueden aparecer desproporcionados en perspectiva isométrica, puesto que el observador rara vez se sitúa en un punto que le ofrezca una impresión isométrica. Para representar grandes objetos, generalmente, se usan perspectivas que se aproximen a la vista obtenida por fotografía, de manera que se consiga una impresión más realista.

16-4 CONSTRUCCION DE UNA PERSPECTIVA ISOMETRICA

La construcción de una perspectiva isométrica será más fácil si primero se construye un bloque que contenga al objeto que se va a dibujar. Para obtener la verdadera representación del objeto, se pueden remover porciones del bloque. Las dos vistas del objeto de la fig. 16-9 se dibujan a la derecha como un bloque que tiene sus ejes separados 120°. Obsérvese que las dimensiones isométricas totales son de la misma longitud que éstas en el dibujo en dos vistas. La ranura de la esquina se separa del bloque, tomando las medidas *A* y *B* parale-

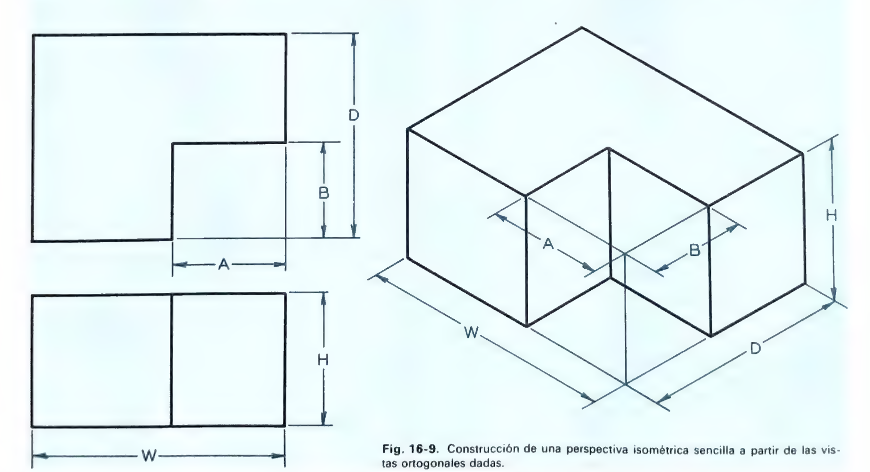


Fig. 16-9. Construcción de una perspectiva isométrica sencilla a partir de las vistas ortogonales dadas.

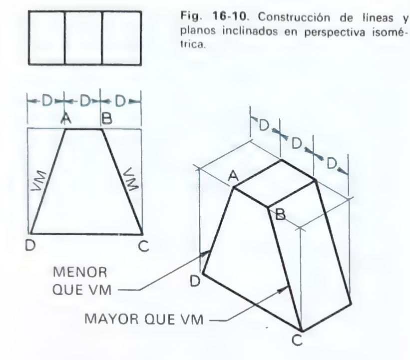


Fig. 16-10. Construcción de líneas y planos inclinados en perspectiva isométrica.

las a los ejes isométricos. Es bueno observar que las dimensiones no se pueden tomar, en una perspectiva isométrica, sino en una dirección paralela a los tres ejes principales. La ranura se localiza con líneas de construcción suaves, que más tarde se oscurecen para completar la perspectiva isométrica. Obsérvese que la ranura se localiza en la arista frontal de la perspectiva isométrica para dar una mejor representación del objeto. Si se hubiese colocado en la arista posterior, hubiera quedado parcialmente oculta y el dibujo sería menos representativo del objeto.

Para describir un objeto que contenga planos inclinados, tal como el que aparece en la fig. 16-10, se deben utilizar coordenadas o pares de medidas tomadas paralelamente a los ejes de la perspectiva. En perspectivas isométricas no se pueden medir los ángulos en su magnitud verdadera, puesto que éstos aparecen mayores o menores de su tamaño verdadero. Obsérvese que las líneas en verdadera magnitud en las vistas de la fig. 16-10 aparecen o más cortas o más largas en la perspectiva isométrica; por el contrario, las dimensiones *D* aparecen de igual dimensión en la perspectiva, puesto que son paralelas a los ejes isométricos. Los ángulos de las líneas *AD* y *BC* son diferentes en la perspectiva isométrica. Estos hechos deben ser bien conocidos cuando se utilizan los principios de la perspectiva isométrica.

En la fig. 16-11 se muestra un objeto con una superficie inclinada. El método para construir la perspectiva isométrica del mismo se ilustra en tres pasos. El contorno del bloque contiene las dos vistas dadas para ayudar en la construcción. En la parte B se dibuja el bloque en perspectiva y la ranura se localiza removiendo una porción del mismo, utilizando las dimensiones de las vistas dadas. La superficie inclinada se puede dibujar a partir de dos extremos del plano inclinado (fig. 16-11C). Obsérvese que cualquier par de líneas paralelas

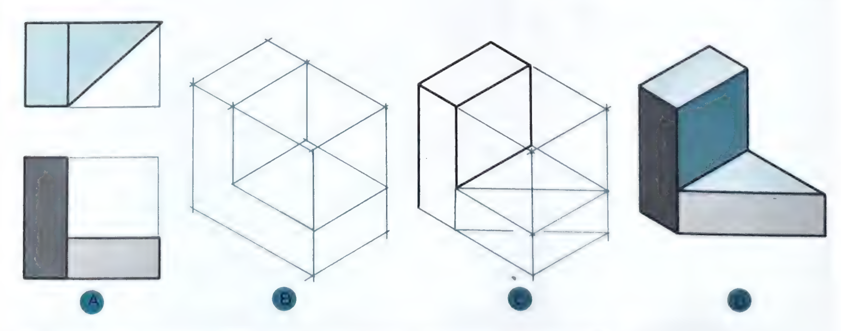


Fig. 16-11. Construcción de una perspectiva isométrica sencilla de un objeto con una superficie inclinada.

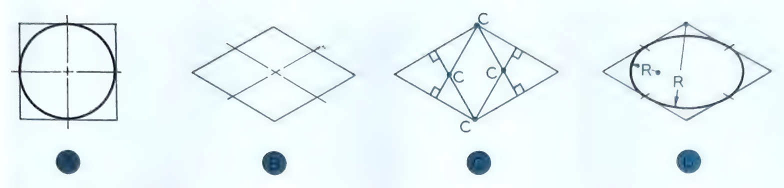


Fig. 16-12. Construcción de una elipse aproximada en una perspectiva isométrica.

del objeto se proyectan paralelas en la vista en perspectiva. En la fig. 16-11D se muestra la perspectiva completa, la cual se obtiene por medio de líneas llenas. Si las líneas de construcción se han trazado lo suficientemente suaves, no es necesario borrarlas, puesto que no serán demasiado notorias cuando se negreen las líneas de la perspectiva. Para obtener un dibujo aseado, la perspectiva se puede trazar o trasladar a una hoja de papel limpio, una vez completada su construcción.

16-5 CIRCULOS Y CURVAS EN PERSPECTIVA ISOMETRICA

Los círculos y curvas son formas normalizadas que se presentan continuamente en la forma de muchos objetos (fig. 16-8). Los círculos situados sobre un plano isométrico no aparecen como tales, sino como elipses, las cuales se pueden dibujar usando las plantillas isométricas para elipses comercialmente obtenibles o por el método aproximado para trazar elipses que se muestra en la fig. 16-12.

Como su nombre lo indica, el método aproximado para trazar elipses no produce una elipse perfecta, pero sí una aproximación aceptable en la mayoría de los casos. En la figura 16-12A se muestra la vista de arriba de un círculo al cual se le ha circunscrito un cuadrado; este cuadrado es tangente a la circunferencia en cuatro puntos. En la parte B, se muestra la perspectiva isométrica del cuadrado, el cual aparece como un rombo cuando se localiza sobre un plano isométrico. Las líneas de centro se obtienen localizando los puntos medios del rombo. Para encontrar los centros, *C*, a partir de los cuales se trazarán cuatro arcos que serán tangentes a los lados del rombo y formarán la elipse, se trazan líneas de construcción perpendiculares en el punto medio de cada uno de los lados del rombo. Esta construcción se basa en el principio que dice que las bisectrices perpendiculares a las cuerdas de un círculo se cortan en el centro del mismo. En este caso, los lados del rombo representan rectas paralelas a las cuerdas del círculo. Los radios se averiguan midiendo la distancia de los centros, *C*, a los puntos medios de los lados del rombo, paso C. Para completar la construcción se trazan los cuatro arcos (figura 16-12D). Esta construcción será la que se utilice para dibujar formas circulares sobre cualquier plano isométrico de una perspectiva isométrica, puesto que todos los planos aparecen igualmente distorsionados.

Las líneas curvas se pueden llevar a la perspectiva isométrica a partir de las vistas dadas, empleando coordenadas, como se muestra en la fig. 16-13. Sobre la línea curva de la vista dada se escoge una serie de puntos que sean representativos de la misma y entonces se trasladan a la perspectiva isométrica. Cada punto se localiza por medio de coordenadas trazadas paralelamente a dos de los ejes principales en las vistas dadas. El plano frontal de la perspectiva se divide en bloques y las coordenadas se trazan paralelas a los ejes. La intersección de coordenadas dará en la perspectiva puntos de la curva. Este método se puede emplear para encontrar vistas elípticas de círculos, escogiendo una serie de puntos sobre sus arcos y uniéndolos con una curva suave. Sin embargo, generalmente ésta es una aproximación poco práctica, a no ser que se trate de dibujar sólo una porción de un círculo a gran escala.

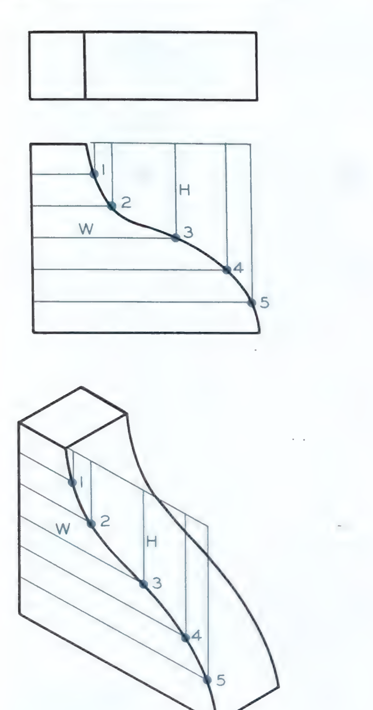


Fig. 16-13. Construcción de una curva irregular en perspectiva isométrica.

16-6 BOSQUEJOS ISOMETRICOS

Una comprensión general de los principios de la perspectiva isométrica capacita al diseñador para hacer perspectivas a mano alzada que sirvan para comunicar ideas y desarrollar porciones de un diseño. Los bosquejos se hacen en la misma serie de pasos del dibujo con instrumentos: (1) colocación del objeto dentro de un bloque, utilizando líneas suaves de construcción, (2) remoción de partes del bloque de acuerdo con la forma del objeto por dibujar, (3) localización y construcción de formas circulares, curvas y superficies inclinadas y (4) oscurecimiento de las líneas definitivas.

Los bosquejos isométricos se pueden hacer sobre papel blanco sin guías, o pueden trazarse guías suaves sobre el papel como una ayuda. En el comercio se puede obtener papel isométrico; un ejemplo se muestra en la fig. 16-14. En la fig. 16-15, que muestra un ejemplo de bosquejo, se utiliza otro tipo de papel.

El bosquejado en perspectiva es una excelente herramienta que ayuda al diseñador a comprender y desarrollar relaciones espaciales durante las etapas del diseño preliminar (véase el capítulo 3). Todos los diseños contienen relaciones tridimensionales; en consecuencia, el diseñador debe utilizar perspectivas como un medio para comunicarse consigo mismo. Estos bosquejos pueden ser rápidos bosquejos minúsculos que aclaren una cierta característica del diseño; los más representativos deben adjuntarse a las hojas de trabajo para futuro desarrollo.

16-7 PERSPECTIVA OBLICUA

La *perspectiva oblicua* es un método un poco parecido a la *proyección oblicua*, que se emplea para describir ciertos objetos. En la práctica, la perspectiva oblicua tiene considerable ventaja sobre la proyección oblicua, puesto que es más fácil de construir y, en algunos casos, resulta menos distorsionada que la proyección oblicua. La perspectiva oblicua es muy usada en la representación gráfica de formas circulares, puesto que su representación por cualquier otro método gráfico es un proceso un poco más complicado y trabajoso.

Como en todos los dibujos en perspectiva, la superficie más prominente del objeto se dibuja en la porción frontal de la perspectiva para producir la vista más representativa. En el caso de objetos oblicuos, el lado más representativo del objeto se dibuja paralelo al plano de proyección para asegurar que aparezca en forma y tamaño verdaderos en la representación oblicua. Por ejemplo, véase la fig. 16-16, la cual muestra las vistas de arriba y frente

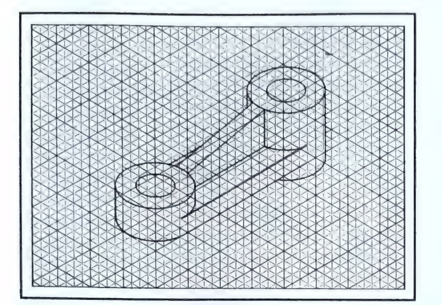


Fig. 16-14. El papel para perspectiva isométrica se encuentra en el comercio. (Cortesía de Keufful and Esser Company.)

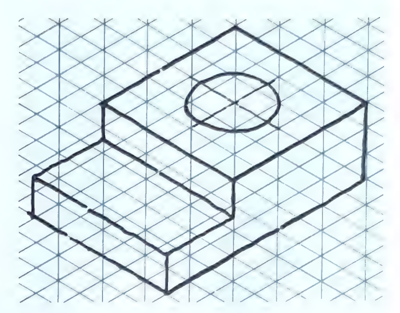


Fig. 16-15. Construcción de una perspectiva a mano alzada sobre papel para perspectiva isométrica.

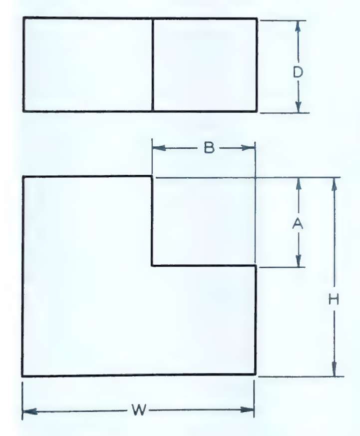
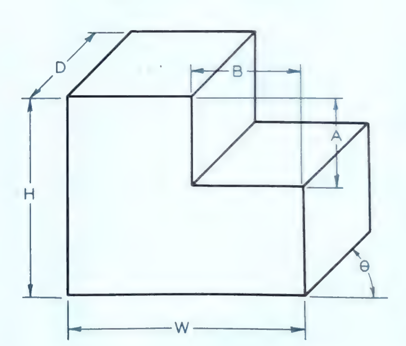


Fig. 16-16. Construcción de una perspectiva oblicua sencilla a partir de dos vistas ortogonales.



de un objeto. El plano frontal del objeto se traza paralelo al plano de proyección, lo cual da una vista de esta superficie en tamaño verdadero con la profundidad medida en verdadera magnitud y paralela a un eje de alejamiento localizado por el ángulo θ. Este ángulo puede tomar cualquier valor entre 0° y 90°. La ranura de la esquina se localiza empleando entre *A* y *B* dadas en las vistas ortogonales.

Hay tres tipos de perspectivas oblicuas: (1) caballera, (2) de gabinete y (3) oblicua general. La oblicua *caballera* es aquella en la cual las líneas de proyección forman un ángulo de 45° con el plano de proyección; como

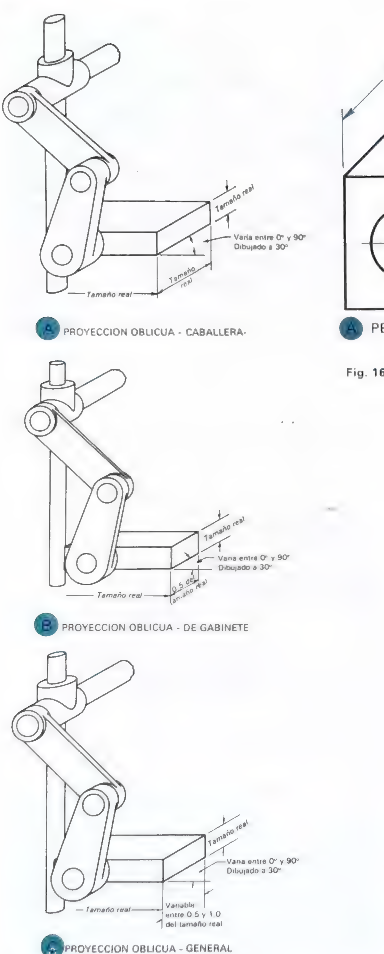


Fig. 16-17. Ejemplos de los tres tipos básicos de perspectivas oblicuas. (Cortesía de USASI, Y14.4-1957.)

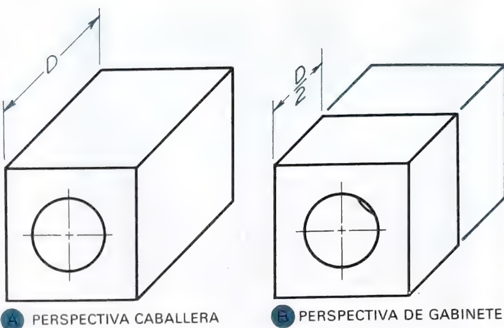


Fig. 16-18. Comparación de las perspectivas oblicuas caballera y de gabinete.

resultado, todas las dimensiones están en verdadera magnitud y se llevan fácilmente de la vista ortogonal a la perspectiva oblicua. En una proyección caballera, que es la forma más común de las perspectivas oblicuas, el ángulo que el eje de alejamiento forma con la horizontal varía entre 0° y 90°. La perspectiva oblicua caballera de la fig. 16-17A se puede comparar con los otros tipos de perspectiva oblicua. La fig. 16-16 también muestra una perspectiva caballera.

La perspectiva oblicua de *gabinete* es comparativamente muy parecida a la caballera, con una excepción: las medidas de profundidad sobre el eje de alejamiento son la mitad de las medidas reales tomada de la vista ortogonal del objeto. En la fig. 16-17B se puede comparar la perspectiva de gabinete con otros tipos de perspectivas oblicuas. La perspectiva de gabinete se puede utilizar con efectividad para disminuir la distorsión que una profundidad excesiva del objeto puede producir sobre una perspectiva caballera. La perspectiva de gabinete de la fig. 16-18 da una representación más real de la parte cuando el eje de alejamiento se reduce a la mitad.

La perspectiva oblicua general, fig. 16-17C, es una representación en la cual el eje de alejamientos se reduce en alguna proporción

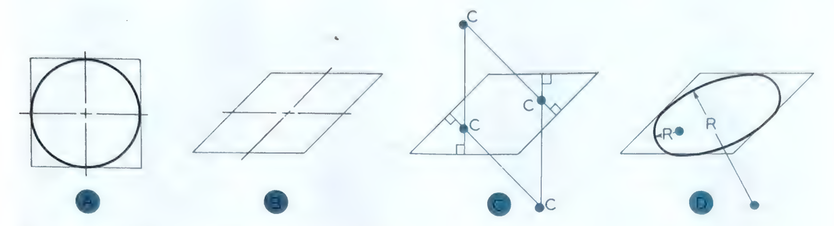
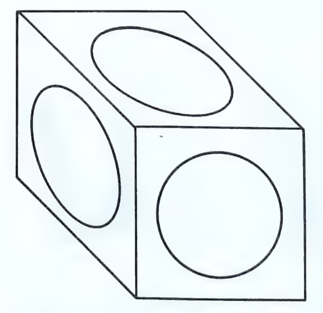


Fig. 16-19. Construcción de una elipse aproximada en perspectiva oblicua.

entre el tamaño real y la mitad del mismo. El ángulo que el eje de alejamiento forma con la horizontal puede variar de 0° a 90°, como sucede en todos los tipos de perspectiva oblicua.

Los huecos circulares de la parte mostrada en la fig. 16-18 se localizaron sobre el plano de tamaño verdadero y se dibujan como tales. Esta ventaja de las perspectivas oblicuas se puede usar provechosamente para dibujar formas circulares y cilíndricas en perspectiva, suponiendo que estas formas están sobre el plano de tamaño verdadero de la perspectiva oblicua. Las formas circulares situadas sobre los planos de alejamiento aparecerán como elipses y no como círculos. Estas elipses se pueden trazar usando el método aproximado discutido con anterioridad (fig. 16-19). En la fig. 16-19A se muestra la vista de arriba de un círculo que se va a trazar en perspectiva oblicua y se le ha circunscrito un cuadrado. Este cuadrado se traza en posición oblicua y aparece como un rombo. Las líneas de centro se localizan uniendo los respectivos puntos medios de los lados del rombo (fig. 16-19B). Por los puntos medios de los lados del rombo se trazan líneas de construcción que sean perpendiculares a ellos (fig. 16-19C), las cuales sirven para localizar los centros, *C*, a partir de los cuales se puedan trazar cuatro arcos para construir la elipse. Obsérvese que dos de los centros caen fuera del rombo; en esto, esta construcción difiere de la que se utiliza para la elipse isométrica, aun cuando en los dos casos se aplican los mismos principios. A partir de los centros se trazan con compás los cuatro arcos (fig. 16-19D). Los radios de éstos son las distancias de los centros, *C*, a los puntos medios de los lados del rombo. En la fig. 16-20 se muestra una perspectiva oblicua de un cubo con huecos circulares en cada plano. El círculo situado sobre el plano de tamaño verdadero se traza como tal con un compás. Los otros dos círculos aparecen como elipses, que se dibujan por medio del método aproximado.

La polea que aparece en la fig. 16-21 es característica del tipo de objetos cuya presentación en perspectiva oblicua es más representativa. El empleo del método isométrico para este objeto exigiría numerosas construcciones


Fig. 16-20. Tres círculos, cada uno de los cuales está sobre uno de los tres planos de una perspectiva oblicua.

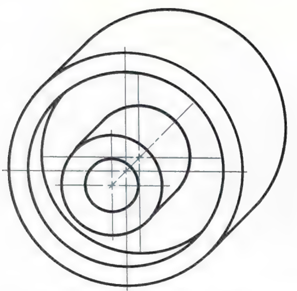


Fig. 16-21. Las partes cilíndricas se adaptan perfectamente al método de dibujo en perspectiva oblicua.

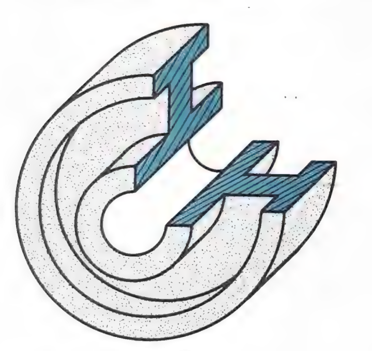


Fig. 16-22. Perspectiva oblicua en corte.

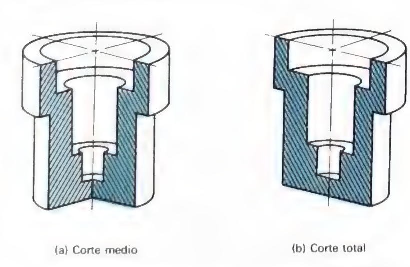


Fig. 16-23. Perspectivas en corte. (Cortesía de USASI; Y14.4-1957.)

para las elipses aproximadas. La perspectiva oblicua se construye localizando el eje de alejamientos y colocando los centros de los círculos sobre él. Los círculos pueden entonces dibujarse y unirse con líneas tangentes a ellos y paralelas al eje de alejamiento. En la figura 16-22 se muestra una perspectiva oblicua en corte para dar una mejor idea de la forma del objeto. Obsérvese que las líneas del corte están sobre planos perpendiculares y, por tanto, parece que convergen sobre la línea de intersección de dichos planos.

En la fig. 16-23 se muestran perspectivas isométricas en corte medio y corte total. En la fig. 16-24 se ilustran las formas normalizadas de mostrar las roturas convencionales en perspectivas de cualquier tipo. Los rasgados convencionales se emplean para remover porciones de un objeto para revelar sus características interiores, o para disminuir la longitud de perspectivas de forma continua que resultarían excesivamente largas, tales como la viga I y el cilindro que se muestran en la figura.

16-8 PROYECCION AXONOMETRICA

La *proyección axonométrica* es una forma de proyección ortogonal en la cual el objeto se proyecta perpendicularmente sobre el plano de proyección con líneas de proyección paralelas. El objeto se coloca oblicuamente al plano de dibujo para producir el efecto tridimensional. Son posibles tres tipos de proyección axonométrica: (1) isométrica, (2) dimétrica y (3) trimétrica. La proyección isométrica es la vista obtenida cuando la línea de vista es paralela a la diagonal de un cubo. En este caso, los tres planos aparecerán igualmente distorsionados y los ejes igualmente separados 120°, como se muestra en la fig. 16-25A. Las dimensiones tomadas a lo largo de los tres ejes aparecerán igualmente distorsionadas, y no en verdadera magnitud, como en el caso de la *perspectiva isométrica*. La *proyección dimétrica* es una proyección axonométrica en la cual dos planos están igualmente distorsionados y dos de los ejes están separados por ángulos iguales (fig. 16-25B). Hay un número infinito de combinaciones de ángulos disponi-

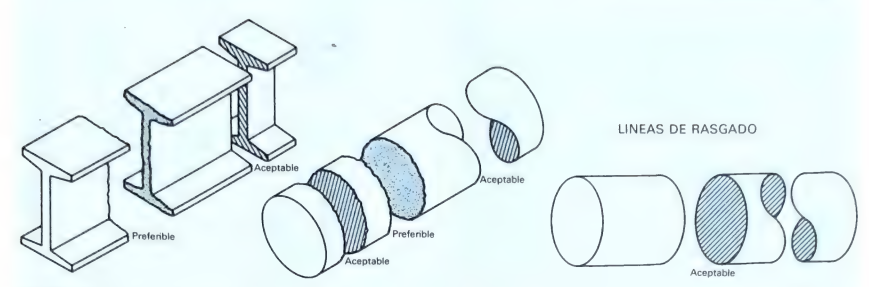


Fig. 16-24. Construcción de rasgados convencionales en perspectiva. (Cortesía de USASI; Y14.4-1957.)

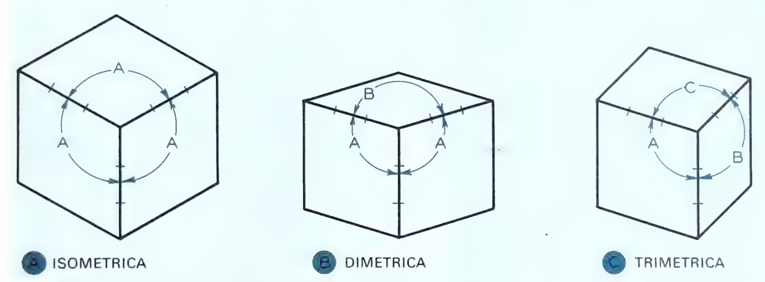


Fig. 16-25. Los tres tipos de proyección axonométrica.

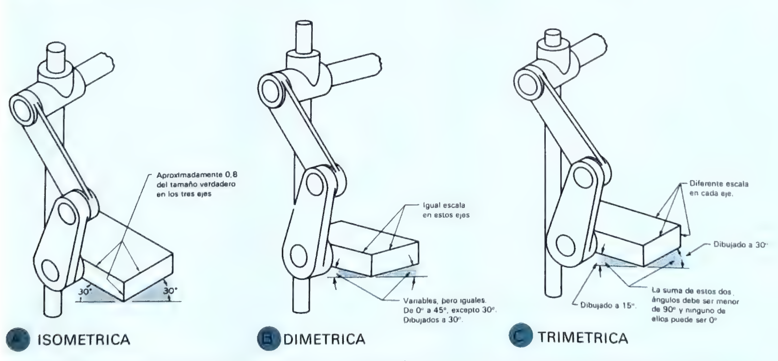


Fig. 16-26. Comparación de los tipos de proyecciones axonométricas de un mismo conjunto. (Cortesía de USASI; Y14.4-1957.)

bles para una proyección dimétrica. En esta proyección, las medidas sobre los dos ejes están a la misma escala. En la *proyección trimétrica*, todos los tres planos están desigualmente distorsionados; por tanto, sus ejes están desigualmente espaciados, como se muestra en la fig. 16-25C. Las medidas de un cubo a lo largo de los tres ejes son diferentes.

En la fig. 16-26 se pueden comparar los tipos de proyección axonométrica aplicados a un mismo conjunto. Las proyecciones dimétricas y trimétricas se pueden dibujar con un número infinito de combinaciones de ángulos, mientras que en la proyección isométrica los ejes deben estar separados 120° y las medidas formadas a lo largo de los tres ejes son iguales. La fig. 16-27 es una proyección trimétrica de una bomba de difusión.

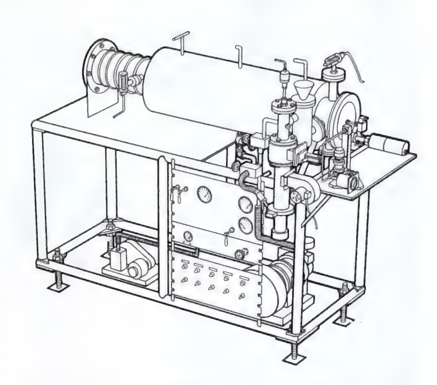


Fig. 16-27. Proyección trimétrica de una bomba de difusión. (Cortesia de Aro, Inc., Arnold Engineering Center.)

16-9 CONSTRUCCION DE UNA PROYECCION AXONOMETRICA

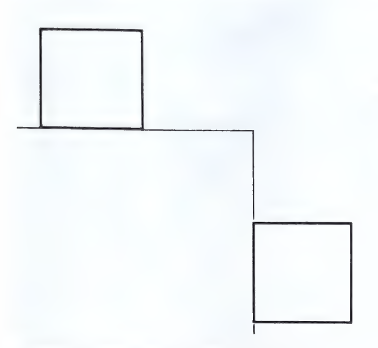
Las proyecciones isométrica, dimétrica y trimétrica se construyen de igual forma, siendo la única diferencia el ángulo de la línea de vista. En la fig. 16-28 se construye por pasos sucesivos una proyección trimétrica para ilustrar una aproximación simplificada del desarrollo de las escalas trimétricas, las cuales se pueden usar en muchos casos como ayudas permanentes para tomar medidas, eliminándose, por tanto, la repetición de la construcción básica.

Para establecer las escalas axonométricas debe usarse un cubo, y no el objeto por dibujar. En los pasos 1 y 2, el cubo se rota e inclina los ángulos especificados. Si la vista de arriba se rota 45°, la proyección es dimétrica, independientemente del ángulo de inclinación. Si la vista de arriba se rota 45° y la vista de lado se inclina 35°16′, la proyección será isométrica, puesto que esta rotación produce la vista de punta de la diagonal del cubo.

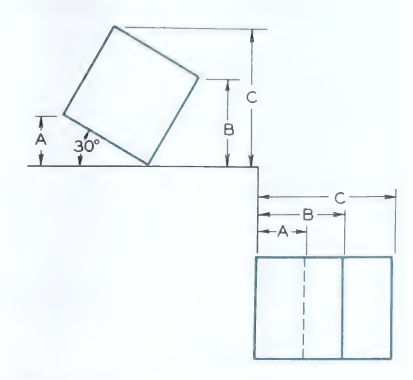
En el paso 2, la proyección trimétrica se encuentra en la vista de frente, proyectando a partir de las vistas de arriba y lado como en proyección ortogonal. En el paso 3 se dividen los tres ejes del cubo en el mismo número de partes iguales para establecer una escala a lo largo de cada lado del mismo. Las divisiones de cada eje son de diferente longitud, pero iguales en cantidad. Se puede ver que la proyección es trimétrica, puesto que los ángulos entre los ejes son diferentes y su longitud también. Se pueden los tres ejes extender y añadirles más divisiones para formar una escala trimétrica que se pueda utilizar para dibujar cualquier proyección trimétrica a este ángulo particular. Esto elimina la duplicación de construcciones cuando se construyen proyecciones trimétricas repetidamente al mismo ángulo durante un proyecto determinado.

Una escala trimétrica no está completa mientras no se averigüen los ángulos de las elipses de cada plano. Una vez determinados estos ángulos, se pueden emplear plantillas para trazar las formas circulares, simplemente localizando el centro del círculo que se va a dibujar. El ángulo de la elipse es diferente para cada plano, puesto que cada uno de ellos está distorsionado diferentemente. La construcción para determinar los ángulos de las elipses se muestra por pasos sucesivos en la fig. 16-29. Se considera que la proyección trimétrica del cubo de la fig. 16-28 está dada. La teoría que se estudió en las secciones 9-6 y 7-20 se aplica para encontrar el plano

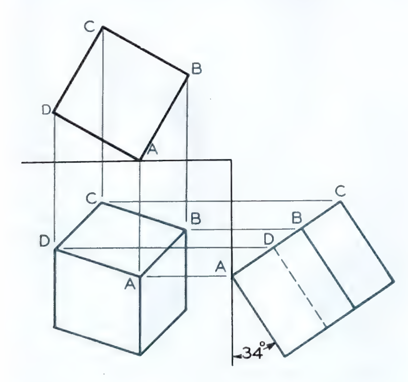
FIG. 16-28. CONSTRUCCION DE UNA ESCALA TRIMETRICA



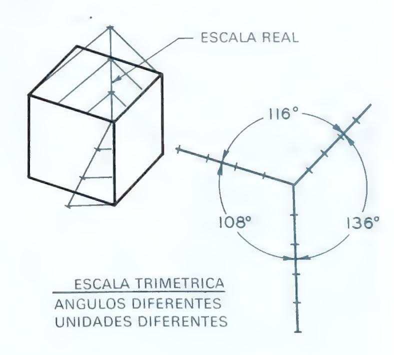
Dadas: Las vistas de arriba y de lado de un cubo.
Se pide: Determinar una escala trimétrica para construir las proyecciones axonométricas de varios objetos. Las escalas se encontrarán rotando la vista de arriba 30° en sentido horario e inclinando la vista de lado 34°.
Referencia: Sección 16-9.



Paso 1: Rote la vista de arriba 30° en sentido horario. Halle la vista de lado, llevando las dimensiones A, B y C de la vista de arriba. Si la rotación de la vista de arriba hubiera sido de 45°, la proyección resultante seria dimétrica o isométrica.

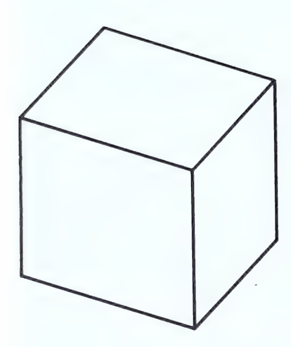


Paso 2: Incline la vista de lado 34°. Esto cambiará la proyección de la vista de arriba, pero no la anchura; en consecuencia, no es necesario modificarla. Determine la proyección trimétrica del cubo como una proyección ortogonal de las vistas de lado y de arriba. El dibujo resultante es una proyección trimétrica.

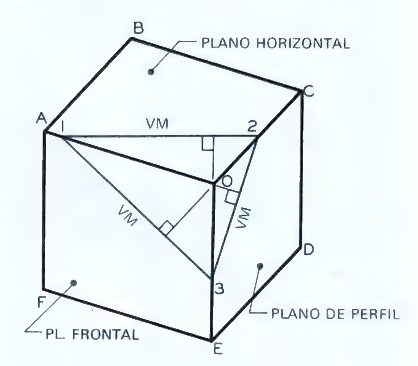


Paso 3: Todos los lados de un cubo son iguales; por tanto, divida cada uno de los ejes (o aristas) en igual número de partes mediante divisiones proporcionales, como se indica, a pesar de que, en una trimétrica, la longitud de los tres ejes es diferente. Los tres ejes pueden prolongarse y graduarse en tantas unidades como sea necesario para ser utilizados en la construcción de proyecciones trimétricas en este ángulo particular.

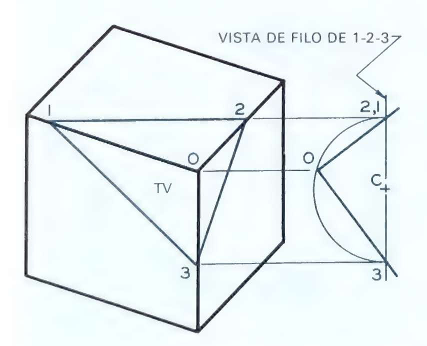
FIG. 16-29. ANGULOS DE LA ELIPSE PARA UNA ESCALA TRIMETRICA



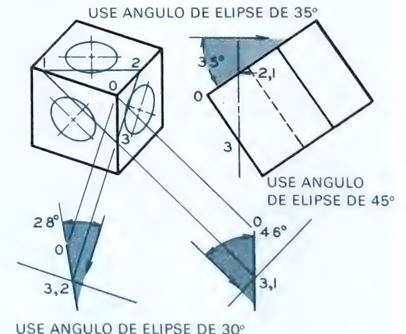
Dada: La proyección trimétrica del cubo encontrada en la figura 16-28.
Se pide: Averiguar los ángulos de la elipse para cada plano y la posición de éstas.
Referencia: Sección 16-9.



Paso 1: Los planos de un cubo son mutuamente perpendiculares; por tanto, la línea OC es perpendicular al plano AOEF, la línea OA es perpendicular a OCDE, y OE es perpendicular al plano ABCO. Construya sobre cada plano las líneas en verdadera magnitud, las cuales se localizan perpendiculares a las líneas de eje, AO, CO y EO. Las líneas en verdadera magnitud son, en este caso, 1-2, 2-3 y 3-1. Estas líneas se intersecan en puntos sobre los ejes, formando el triángulo 1-2-3.



Paso 2: Puesto que el plano 1-2-3 está formado por líneas en verdadera magnitud, aparece en verdadera magnitud en la proyección trimétrica. Encuentre por proyección la vista de perfil, la vista de lado de este plano, que es un plano frontal. Sitúe en esta vista el ángulo de 90° del cubo, construyendo un semicírculo de diámetro igual a la longitud de la vista de filo del plano 1-2-3. Proyecte el punto O sobre el semicírculo: en este punto se debe inscribir el ángulo de 90°.



Paso 3: Conocidas dos vistas, se pueden construir otras vistas auxiliares. Encuentre la vista de filo de cada uno de los planos principales localizando la vista de punta de las rectas 1-2, 2-3 y 3-1. Los ángulos de las elipses son los ángulos formados por las vistas de filo de 1-0-2, 2-0-3 y 1-0-3 con las líneas de vista. Coloque las elipses guías sobre cada plano, de tal manera que el diámetro mayor sea paralelo a las líneas en verdadera magnitud del respectivo plano.

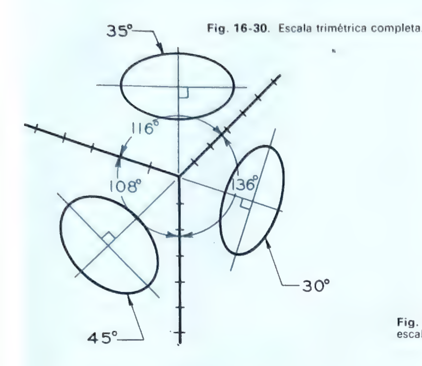


Fig. 16-30. Escala trimétrica completa.

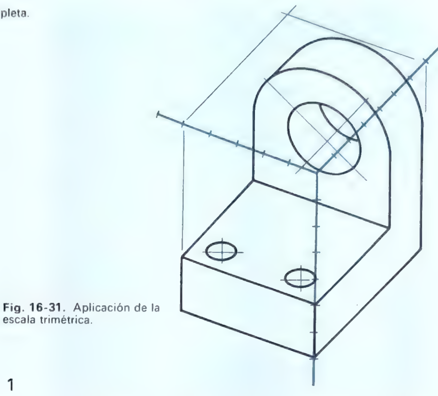


Fig. 16-31. Aplicación de la escala trimétrica.

1-2-3 en verdadera magnitud en el paso 1 de la fig. 16-29. Se sabe que los tres planos de un cubo son mutuamente perpendiculares; por tanto, se sabe que *OE* es perpendicular al plano *ABCO;* que la recta *OC* es perpendicular al plano *AFEO;* y que la recta *AO* es perpendicular al plano *EDCO*. Una línea perpendicular a un plano lo es a todas las rectas del mismo; por tanto, cuando dos rectas son perpendiculares entre sí, se proyectarán como tales en la vista dada cuando una de ellas o las dos aparezcan en verdadera magnitud. Estos principios se pueden emplear para encontrar una línea en verdadera magnitud sobre cada plano principal del cubo. La línea 1-2 del plano *ABCO,* la cual es perpendicular a la prolongación de la línea *EO*, está en verdadera magnitud. Las líneas 2-3 y 1-3 se encuentran de la misma manera, prolongando los ejes del cubo. Estas líneas se cortarán en puntos comunes, dando lugar a un plano en tamaño verdadero en esta vista, puesto que está formado por líneas en verdadera magnitud.

Un plano que esté en verdadera magnitud en la vista de frente debe ser un plano frontal y, por tanto, aparecerá de filo en la vista de lado. La vista de filo del plano 1-2-3 se localiza convenientemente en el paso 2 de la fig. 16-29. Esta vista de filo se biseca y se traza un semicírculo con centro en el punto medio de la misma y de diámetro igual a su longitud. El punto *O* se proyecta al semicírculo para localizar el punto en el cual se deberá inscribir el ángulo de 90° del cubo. Hay, por tanto, disponibles dos vistas a partir de las cuales se pueden construir vistas auxiliares para encontrar las vistas de filo de los tres planos principales del cubo y en las cuales se pueden medir los ángulos de las elipses. En este caso se proyectan los segmentos 1-0-2, 1-0-3 de los planos principales, en vez de proyectarlos totalmente en cada vista auxiliar. El ángulo de la elipse para el plano horizontal se puede tomar directamente de la vista de lado, en la cual el plano 1-0-2 aparece de filo y la línea de vista en verdadera magnitud.

Resulta que los ángulos de los tres planos son: 35°, 28° y 46°. Como los ángulos de la elipses en las plantillas vienen cada 5°, es necesario seleccionar los más cercanos; esto es, 35°, 30° y 45°. La posición de las elipses con respecto a los planos es importante. Como el eje mayor de una elipse está siempre en verdadera magnitud, deberá ser paralelo a las líneas de verdadera magnitud previamente halladas.

Esta construcción se simplifica representándola en forma de una escala trimétrica (figura 16-30) que consta de tres ejes divididos en las unidades apropiadas, ángulos de elipse

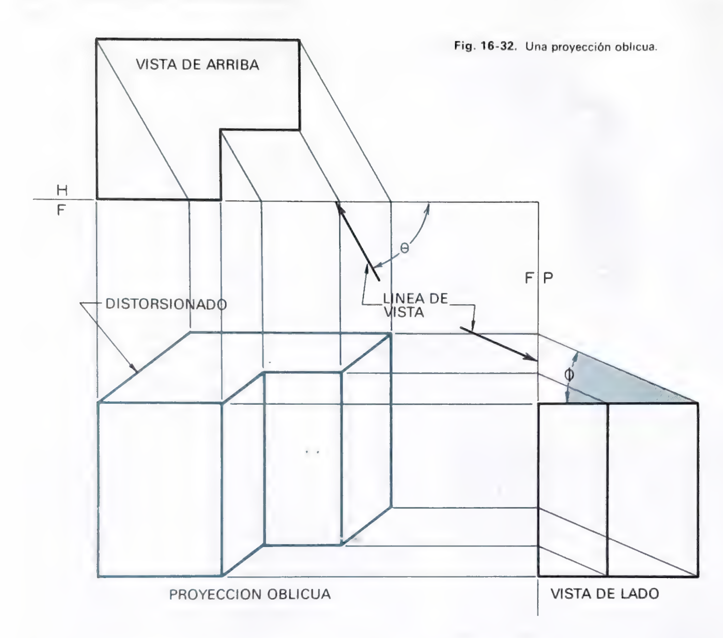


Fig. 16-32. Una proyección oblicua.

para cada plano y dirección del diámetro mayor de cada elipse. Una perspectiva se puede dibujar colocando papel graduado sobre esta escala y construyendo la proyección trimétrica de la misma manera que se hizo con la perspectiva isométrica, trazando paralelas a los tres ejes, como se muestra en la fig. 16-31. A las divisiones de cada escala se deben asignar unidades de medida apropiadas. Los arcos de circunferencia se pueden trazar usando los ángulos de elipse. De esta manera, se puede construir una gran variedad de escalas dimétricas y trimétricas, las cuales se pueden archivar para posterior uso en proyecciones axonométricas.

16-10 PROYECCION OBLICUA

Como se dijo anteriormente, la *proyección oblicua* es un método para construir una perspectiva por medio de líneas de proyección paralelas entre sí, trazadas oblicuas respecto al plano de dibujo. Aunque estos principios se aplican por lo común a los tres tipos de perspectivas oblicuas, caballera, de gabinete y general, el método de proyección propiamente dicho rara vez se utiliza para construir una perspectiva oblicua. Para proporcionar una mejor comprensión de los orígenes de los principios de la perspectiva oblicua, se repasará la proyección oblicua propiamente dicha como se muestra en la fig. 16-32.

Puede observarse que la línea de vista es oblicua a los planos de proyección del cubo dado en las vistas de lado y arriba. El ángulo formado por la línea de vista y los planos de proyección es θ en la vista de arriba y ϕ en la vista de lado. Las líneas de proyección paralelas trazadas a partir del objeto en la

dirección de las líneas de vista en ambas vistas establecen puntos en la vista de frente, los cuales producen una proyección oblicua. La cara del cubo que es paralela al plano de proyección aparece en tamaño y forma verdaderos en la vista de frente, mientras que las dimensiones a lo largo de los ejes de alejamiento son menores que la verdadera magnitud cuando θ y ϕ son menores de 45°. Cuando uno de estos ángulos es mayor de 45°, las medidas sobre el eje de alejamiento son mayores que la verdadera magnitud; esto introduce un grado inconveniente de distorsión.

Los principios de la proyección oblicua se utilizan como fundamento de los métodos de la *perspectiva oblicua* previamente estudiada. Para muchos propósitos, las perspectivas oblicuas son más satisfactorias que las proyecciones oblicuas aquí tratadas.

16-11 PROYECCION EN PERSPECTIVA

El dibujo en perspectiva es la forma de representación más real. Una perspectiva es la vista normalmente obtenida al observar realmente un objeto o por medio de una cámara fotográfica. Todas las líneas paralelas tienden a converger a medida que se alejan del observador o a ser concurrentes en puntos situados en el infinito. El ojo del observador es consciente de este principio y espera su aplicación cuando observa una fotografía o dibujo.

Hay tres tipos básicos de perspectivas: (1) con un punto; (2) con dos puntos y (3) con tres puntos de fuga, según el número de puntos de conjunción necesarios para construir cada una de ellas. La fig. 16-33, que

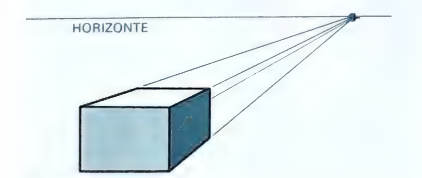


Fig. 16-33. Un bloque en perspectiva con un punto de fuga.



Fig. 16-34. Esta fotografía es una perspectiva con un punto de fuga, como lo prueba la construcción. (Cortesía de Pan American Petroleum Corporation.)

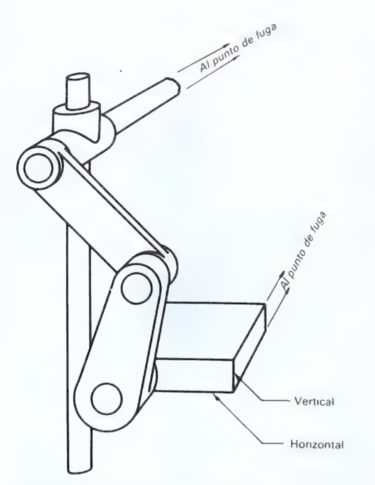


Fig. 16-35. Perspectiva con un punto de fuga. (Cortesía de USASI; Y14.4-1957.)

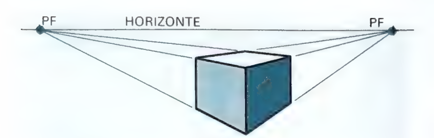


Fig. 16-36. Un bloque en perspectiva con dos puntos de fuga.

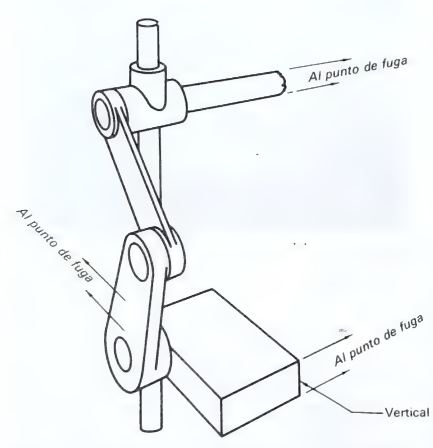


Fig. 16-37. Perspectiva con dos puntos de fuga. (Cortesía de USASI; Y14.4-1957.)

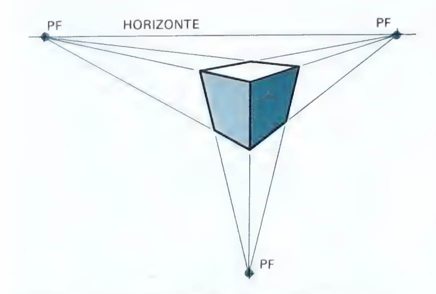


Fig. 16-38. Un bloque en perspectiva con tres puntos de fuga.

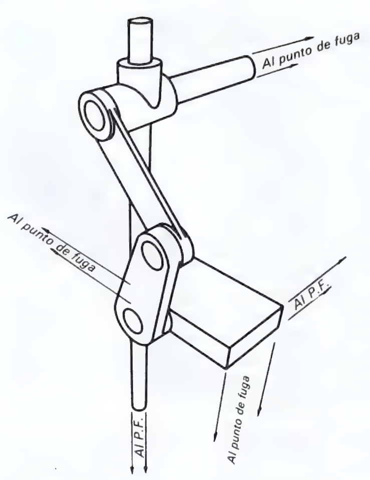
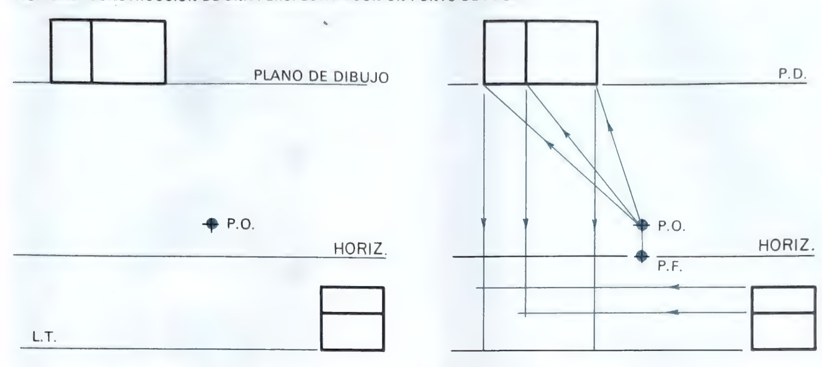


Fig. 16-39. Perspectiva con tres puntos de fuga. (Cortesía de USASI; Y14.4-1957.)

muestra un bloque sobre un plano horizontal infinito, es un ejemplo de *perspectiva con un punto de fuga*. Las líneas de los lados que se alejan tienden a juntarse sobre un punto del horizonte. Este punto se llama *punto de fuga*. Un lado del bloque es paralelo al plano de dibujo y, en consecuencia, sus líneas no convergen. La fotografía de la fig. 16-34 es un ejemplo de perspectiva con un punto de fuga, el cual se encontró por construcción. En la fig. 16-35 se muestra una perspectiva con un punto de fuga del conjunto previamente dibujado en diferentes formas de representación. Las líneas del objeto tienden a converger a un solo punto. Este tipo de perspectiva se usa ventajosamente para presentar el interior de una habitación o las características interiores de diferentes objetos.

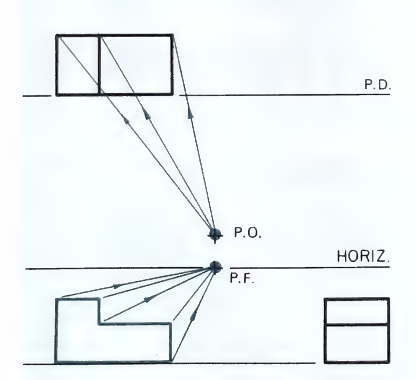
La *perspectiva con dos puntos de fuga* tiene dos puntos de concurrencia, como se ilustra en la fig. 16-36. Dos de los planos del prisma están inclinados respecto al plano de dibujo

FIG. 16-40. CONSTRUCCION DE UNA PERSPECTIVA CON UN PUNTO DE FUGA

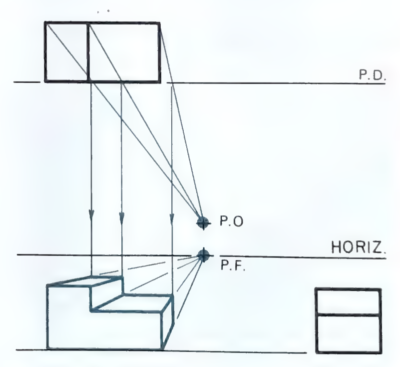


Dadas: Las vistas de arriba y de lado de un objeto, el punto de observación, el horizonte y la línea de tierra.
Se pide: Construir una perspectiva del objeto.
Referencia: Sección 16-12.

Paso 1: Como el objeto es paralelo al plano de dibujo, habrá sólo un punto de fuga, el cual estará localizado sobre el horizonte bajo el punto de observación. Las proyecciones de las vistas de arriba y de lado localizan el plano frontal del objeto. Esta superficie aparece en tamaño verdadero, puesto que está contenida en el plano de dibujo.



Paso 2: Desde el punto de observación, trace líneas de proyección hacia los puntos de la parte posterior del objeto en la vista de arriba y desde la vista de frente al punto de fuga sobre el horizonte. En una perspectiva con un punto de fuga, éste corresponde a la vista de frente del punto de observación.



Paso 3: Trace líneas de proyección hacia la línea de frente a partir de los puntos en los cuales las líneas de proyección trazadas desde el punto de observación cortan el plano de dibujo. Estas líneas de proyección se cortan con las líneas que parten del punto de fuga y establecen la perspectiva total. A esta perspectiva se le llama de un punto de fuga porque las líneas convergen en un solo punto.

y, por tanto, aparecen distorsionados. Todas las paralelas en este tipo de perspectiva, con excepción de las verticales, convergen a los puntos de fuga. Las verticales aparecen como tales y, en estas líneas, la distorsión no es muy notoria. En la fig. 16-37 se muestra otro ejemplo de perspectiva con dos puntos de fuga.

La *perspectiva con tres puntos de fuga* se construye con tres puntos de concurrencia, lo cual hace que las líneas principales converjan a uno de estos tres puntos. Tanto las líneas horizontales como las verticales concurren a uno de estos puntos, como se muestra en la fig. 16-38. Las horizontales convergen a puntos contenidos en el horizonte situado en el infinito. Las verticales convergen a un punto localizado sobre o bajo el horizonte. Este tipo de perspectiva se utiliza para dibujar grandes estructuras cuando se observan desde un punto sobre o bajo el objeto, pero cercano a él. Este método de construcción no se verá en este libro, puesto que muy raras veces es empleado por ingenieros. En la fig. 16-39 se da un ejemplo de perspectiva con tres puntos de fuga.

16-12 CONSTRUCCION DE UNA PERSPECTIVA CON UN PUNTO DE FUGA

La fig. 16-40 muestra los pasos sucesivos seguidos para construir una perspectiva con un punto de fuga. Se dan las vistas de arriba y lado, así como el horizonte, el punto de observación, la línea de tierra y el plano de dibujo. Se definirán estos términos, puesto que se emplearán para describir la construcción.

Plano de dibujo. El plano de dibujo es el plano sobre el cual se proyecta la perspectiva tal como si éste fuera la película de una cámara, sobre la cual se proyectan las imágenes. Se dibuja en la vista de arriba como una horizontal, puesto que es un filo vertical.

Horizonte. Es una línea horizontal en la vista de frente, hacia donde el plano horizontal se extiende indefinidamente, de la misma manera en que el océano se extiende hacia el horizonte.

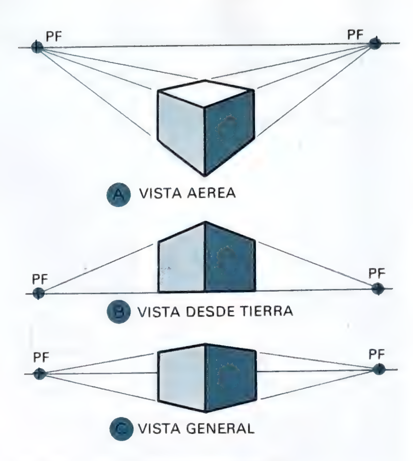


Fig. 16-41. Tres tipos de vista de una perspectiva.

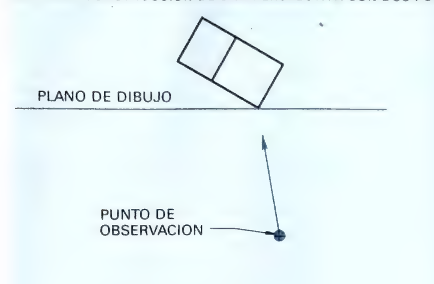
Punto de fuga. Son puntos sobre el horizonte adonde convergerán las líneas horizontales.

Punto de observación. Este punto localiza la posición del ojo del observador en la vista en planta. La vista de frente del punto de observación siempre estará sobre el horizonte.

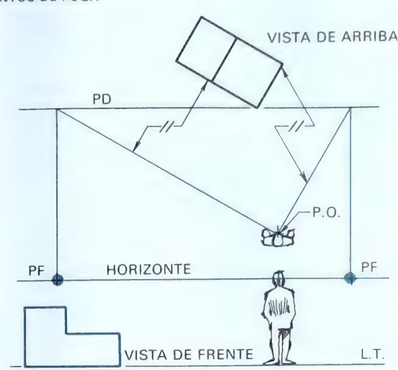
16-13 CONSTRUCCION DE UNA PERSPECTIVA CON DOS PUNTOS DE FUGA

En la perspectiva con dos puntos de fuga, dos planos del bloque están inclinados respecto al plano de dibujo, lo cual crea dos puntos de fuga sobre el horizonte. En una perspectiva con dos puntos de fuga, o de cualquier tipo, se pueden obtener diferentes vistas en perspectiva, de acuerdo con la localización de la línea de tierra y del horizonte. En la fig. 16-41 se muestran tres casos extremos. Una *vista aérea* se obtiene cuando la altura del objeto no se extiende hasta el horizonte (fig. 16-41A). Este efecto se exagerará a medida que el ángulo de visión se aproxima a la vertical. Una

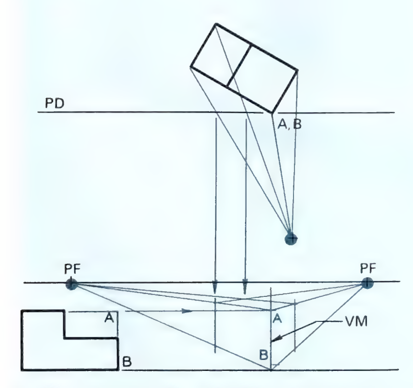
FIG. 16-42. CONSTRUCCION DE UNA PERSPECTIVA CON DOS PUNTOS DE FUGA



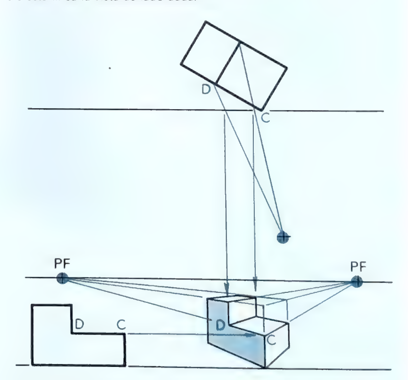
Dadas: Las vistas de arriba y de lado de un objeto y el punto de observación.
Se pide: Dibujar la perspectiva del objeto.
Referencia: Sección 16-12.



Paso 1: Trace líneas de proyección que, pasando por la vista de arriba del punto de observación, sean paralelas a los lados del objeto colocados delante y prolónguelas hasta el plano de dibujo. Proyecte estos puntos verticalmente sobre una línea horizontal de la vista de frente para localizar los puntos de fuga. Sitúe el horizonte en posición conveniente. Trace la línea de tierra bajo el horizonte y construya sobre esta línea la vista de lado dada.



Paso 2: Como todas las líneas contenidas en el plano de dibujo están en verdadera magnitud, la recta AB es una recta en verdadera magnitud. En consecuencia, proyecte cada extremo de AB hacia los puntos de fuga para determinar dos planos en perspectiva. Trace líneas de proyección desde el punto de observación hacia las aristas exteriores de la vista de arriba del objeto. Proyecte las intersecciones de estas líneas de proyección con el plano de dibujo a la vista de frente, para determinar los límites del objeto.



Paso 3: El cajón obtenido en el paso 2 debe tener una ranura, la cual se debe remover para determinar la perspectiva total. En la vista de frente determine el punto C, proyectando a partir de la vista de lado sobre la línea AB de verdadera magnitud. Trace una línea de proyección desde el punto C hasta el punto de fuga izquierdo. El punto D estará sobre esta línea exactamente, bajo el punto en el cual una línea trazada desde el punto de observación hacia el punto D de la vista de arriba corte el plano de dibujo. Complete la ranura, proyectando a los respectivos puntos de fuga.

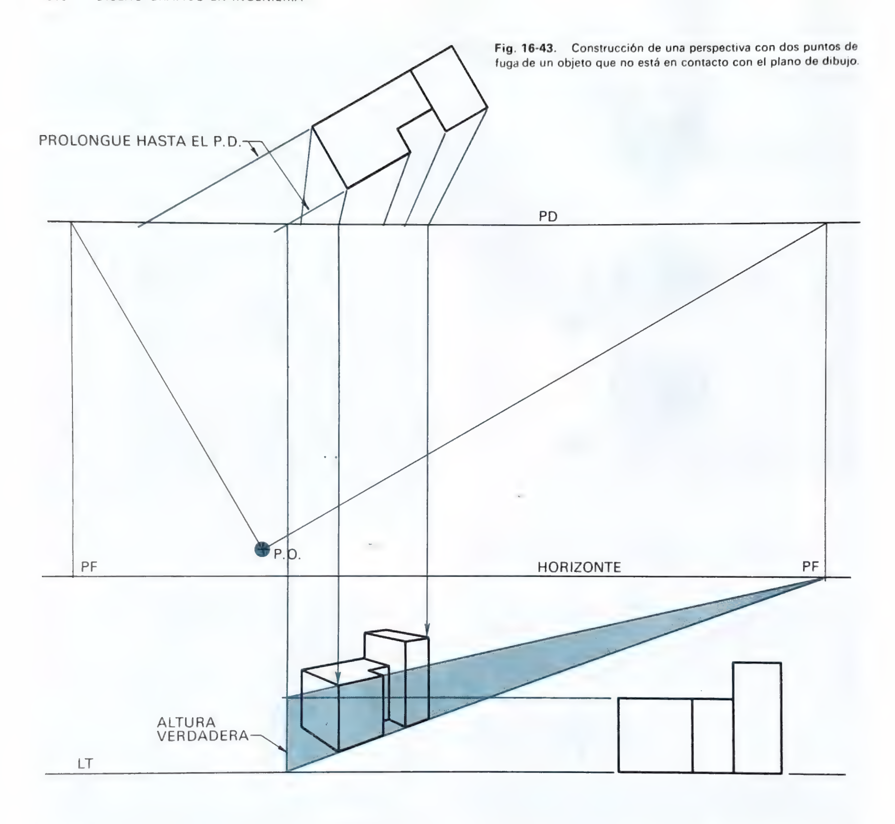


Fig. 16-43. Construcción de una perspectiva con dos puntos de fuga de un objeto que no está en contacto con el plano de dibujo.

vista desde tierra se obtiene cuando la línea de tierra y el horizonte coinciden, como se muestra en la fig. 16-41B. Se supone que el observador está mirando paralelamente a la vista de filo del plano horizontal. En la parte C se ve el tipo general de perspectiva; en este caso, una parte del objeto se extiende sobre el horizonte y otra parte bajo éste, lo cual da una vista que, para objetos grandes, es familiar al observador.

En la fig. 16-42 se muestra, en pasos sucesivos, la construcción de una perspectiva con dos puntos de fuga. Se dan las vistas de arriba y lado del objeto. En el paso 1 se traza la línea de tierra, sobre la cual se localiza la vista de lado (para establecer la altura que se usará en la construcción). El horizonte se sitúa un poco más alto que el objeto para dar un ligero efecto de vista aérea. Los puntos de fuga se encuentran trazando en la vista

de arriba líneas paralelas a los lados del objeto, los cuales deben pasar por el punto de observación. Las intersecciones de estas líneas con el plano de dibujo se proyectan sobre el horizonte de la vista de frente para localizar los puntos de fuga.

La línea *AB* de la vista de arriba está sobre el plano de dibujo; por tanto, aparecerá en verdadera magnitud en la perspectiva (paso 2). Su altura se puede determinar proyectando desde la vista de lado hasta cortar su proyección directamente bajo la vista de arriba. De los extremos de la recta *AB* se trazan líneas hacia los puntos de fuga, las cuales representan la extensión de las superficies de un objeto de tamaño infinito. En la vista de arriba se trazan líneas desde el punto de observación a las esquinas del objeto. La intersección de estas líneas de proyección con el plano de dibujo se proyecta a la vista de frente, donde intersecarán las líneas infinitas trazadas hacia los puntos de fuga. Estas intersecciones establecen los límites del bloque por dibujar. El punto de la perspectiva situado más atrás es el punto en el cual se intersecan las líneas de proyección de las superficies visibles cuando se proyectan a sus respectivos puntos de fuga.

La ranura se remueve de la perspectiva, localizando el punto *C* sobre la línea *AB* de verdadera magnitud, proyectando a partir de la vista de lado (paso 3). Se trazan líneas desde el punto *C* hacia los puntos de fuga. El punto *D* de la perspectiva se puede encontrar proyectando a la vista en perspectiva su punto de intersección con el plano de dibujo en la vista de arriba.

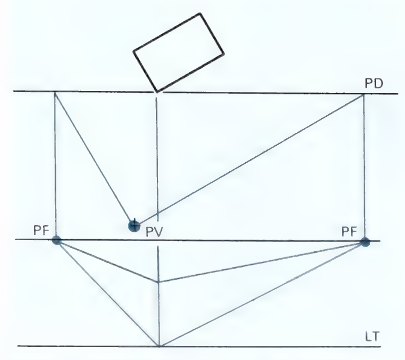
En estos ejemplos, los objetos se dibujaron de tal manera que, en la vista de arriba, hicieran contacto con el plano de dibujo. Esta aproximación generalmente es muy conveniente en la construcción de una perspectiva; sin embargo, el objeto se puede dibujar en perspectiva aun cuando no haga contacto con el plano de dibujo. En la fig. 16-43 se ilustra una perspectiva de este tipo. Los lados del objeto se prolongan hasta el plano de dibujo, como si el objeto fuera de tamaño infinito. En los sitios en los cuales las prolongaciones cortan el plano de dibujo, las alturas aparecerán en verdadera magnitud en la vista en perspectiva o vista de frente, estableciéndose de esta manera la altura de un plano infinito que convergerá en el horizonte. La perspectiva del objeto que está contenido en una porción de este plano infinito se puede encontrar proyectando desde el punto de observación hacia el objeto para localizar puntos sobre el plano de dibujo. Estos puntos se proyectan verticalmente sobre el plano infinito para encontrar las líneas del contorno del objeto. Obsérvese que las otras líneas del objeto de la vista de arriba (las perpendiculares a aquellas que se prolongaron) se habrían podido prolongar hasta el plano de dibujo y se hubiera podido seguir el mismo procedimiento, empleando un punto diferente de fuga.

16-14 PUNTOS DE MEDIDAS

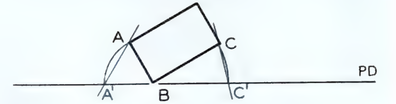
El sistema de los puntos de medidas para dibujar perspectivas con dos puntos de fuga se ilustra en la fig. 16-44. Los puntos de medidas eliminan la necesidad de la vista de arriba, una vez que se han localizado dos puntos de fuga y de medidas. Esta característica es importante cuando la vista de arriba es excesivamente grande, tal como el plano de una casa o un objeto semejante. El diseñador puede tomar las dimensiones reales del dibujo, empleando los puntos de medidas, en vez de proyectar a la vista de arriba desde el punto de observación como se acostumbra en el sistema convencional de perspectiva.

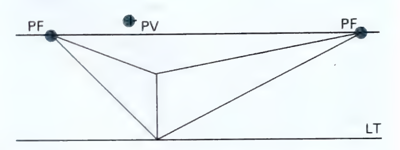
Un punto de medidas es un punto adicional de fuga utilizado para localizar dimensiones sobre las líneas de alejamiento que se confunden en el horizonte. En la perspectiva con un punto de fuga hay un punto de medidas, mientras que en la de dos puntos de fuga hay dos. En la fig. 16-44 se muestra en pasos sucesivos cómo encontrar los puntos de medidas para una perspectiva con dos puntos de fuga. La vista de arriba se sitúa como se desee, junto con los puntos de fuga, punto de observación, línea de tierra y horizonte localizados de la manera convencional. En el paso 1, los dos filos frontales de la vista

FIG. 16-44. CONSTRUCCION PARA LOS PUNTOS DE MEDIDAS

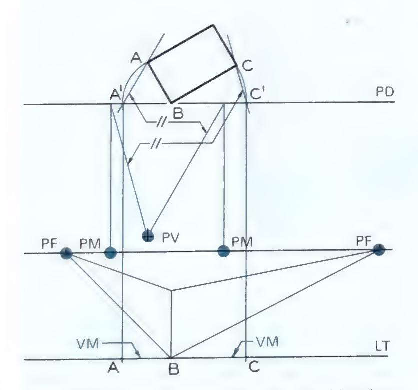


Dados: Los elementos básicos en un sistema de perspectiva con dos puntos de fuga.
Se pide: Encontrar los puntos de medidas que se emplearán para eliminar la necesidad de la vista de arriba en la construcción de la perspectiva.
Referencia: Sección 16-14.

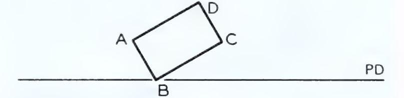


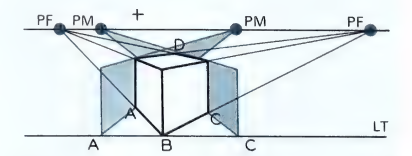


Paso 1: En la vista de arriba, rote las rectas AB y BC hasta que coincidan con el plano de dibujo, tomando el punto B como centro de rotación. Trace por los puntos A-A' y C-C' líneas de construcción; estas líneas representan la vista de filo de los planos verticales que pasan por los puntos A y C de las esquinas.



Paso 2: Por el punto de observación, trace líneas paralelas a las rectas A-A' y C-C', las cuales deben intersecar el plano de dibujo. Proyecte sobre el horizonte estos puntos de proyección para localizar los puntos de medidas. Las distancias AB y BC se pueden llevar en verdadera magnitud sobre la línea de tierra, puesto que en la vista de arriba se han rotado hasta el plano de dibujo.





Paso 3: A partir de los puntos A y C localizados sobre la LT, trace planos infinitos hacia los puntos de medidas. En la intersección de estos planos con los planos infinitos que se extienden hasta los puntos de fuga se localizan las dos esquinas del bloque. Este método permite tomar las medidas reales sobre la línea de tierra, para después proyectarlas a los puntos de medidas y encontrar los puntos de las esquinas, en vez de proyectar puntos desde la vista de arriba, como se hace en el método convencional.

de arriba se rotan hasta que coincidan con el plano de dibujo, empleando el punto *B* como centro. Las líneas de construcción se dibujan por los puntos *A* y *C*, como se muestra. Puesto que las líneas *AB* y *BC* se han rotado hasta el plano de dibujo, se proyectarán sobre la línea de tierra, como rectas en verdadera magnitud de longitud igual a la que tenían en la vista de arriba del objeto (paso 2). En el paso 2 se encuentran los puntos de medidas, utilizando líneas de construcción trazadas desde el punto de observación, paralelas a los planos que pasan por los puntos *A* y *C*, hasta el plano de dibujo. Los puntos se proyectan verticalmente hasta el horizonte, para convertirse en puntos de fuga de estos planos secundarios. Estos puntos se llaman *puntos de medidas*.

Empleando este sistema, la profundidad en verdadera magnitud *AB* de un objeto se puede medir a lo largo de la línea de tierra y proyectarse a su respectivo punto de medidas, como se muestra en el paso 3. Se puede dibujar un plano imaginario desde esta línea de proyección hasta el punto derecho de medidas, el cual interseca el plano infinito del lado izquierdo del objeto que concurre en el punto izquierdo de fuga, de tal manera que se establezca la profundidad del bloque. Análogamente, la verdadera magnitud de la anchura, *BC*, se puede medir a lo largo de la línea de tierra y proyectar a su punto de medidas para establecer la medida de anchura en la vista en perspectiva. Siguiendo este procedimiento se puede construir la perspectiva sin tener que proyectar de una vista de arriba de gran dimensión. Por el contrario, las dimensiones se pueden tomar directamente de la vista de arriba y llevar sobre la línea de tierra como medidas en verdadera magnitud, teniendo en cuenta que éstas sean paralelas a las líneas principales establecidas en la construcción que se muestra en el paso 1.

Los *papeles para perspectivas* son útiles porque ahorran tiempo y eliminan la necesidad de construir puntos de fuga y otras proyecciones necesarias en un dibujo en perspectiva. Estos papeles se encuentran en gran variedad de formas para construir perspectivas desde diferentes direcciones y ángulos. En la figura 16-45 se muestra un ejemplo de papel para perspectiva con un solo punto de fuga. El reticulado se construye a escala, de tal manra que se pueda dibujar la perspectiva asociando una escala a éste y midiendo directamente sobre el papel. Para permitir su uso varias veces, generalmente se le coloca encima papel de calcar y sobre éste se hace el dibujo. Un ejemplo de perspectiva con dos puntos de fuga, hecha sobre papel para perspectiva, aparece en la fig. 16-46. Los papeles para perspectivas son excelentes para los bosquejos preliminares, puesto que éstos dan una idea general de la apariencia de la perspectiva final. Esta perspectiva puede dibujarse de la misma manera con instrumentos. Aunque los papeles para perspectivas se pueden utilizar con gran ventaja, el diseñador debe conocer los fundamentos de la proyección en perspectiva para beneficiarse completamente de su utilización.

16-15 TECNICAS DE ACABADO

Generalmente, un dibujo lineal es suficiente para transmitir una idea preliminar o para analizar una porción de un diseño. Sin embargo, cuando se utilice una perspectiva como presentación formal o como ilustración de un folleto o catálogo, debe tenerse muchísimo cuidado en producir el mejor efecto posible. Un dibujo lineal se puede mejorar altamente empleando materiales y técnicas de sombreado especiales. Las sombras dan a un dibujo nociones de profundidad y realismo adicional. Este efecto se hace notorio en las figuras 16-47 y 16-48, en las cuales un dibujo se presenta primero como dibujo lineal y luego como una ilustración completamente acabada. Cada forma tiene sus ventajas en una situación dada.

Hay muchas técnicas de acabado de un dibujo que utilizan materiales comercialmente obtenibles. Las formas básicas de acabado se verán en este capítulo para impartir una introducción general a estos métodos que son: (1) lápiz; (2) tinta; (3) películas con caracteres adheribles; (4) cartulina para esgrafiar; (5) aerógrafo. El acabado a lápiz es el método básico principal, puesto que el diseñador esen-

GRAPHICRAFT
PERSPECTIVE CHART
SERIES I NO. 4

Fig. 16-45. Papel para perspectiva, que economiza tiempo de construcción.

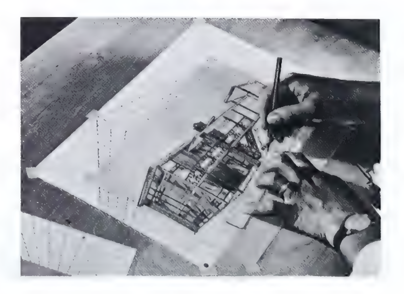


Fig. 16-46. Uso de un reticulado para perspectiva. (Cortesía, con la figura anterior, de Graphicraft.)

cialmente ejecuta todo su trabajo a lápiz. Debe hacer numerosos bosquejos e ilustraciones, a partir de los cuales desarrollará su diseño final. El sombreado a lápiz puede ser efectivamente utilizado en el bosquejo del diseño final que deberá presentar para publicación o exhibición.

La fig. 16-49 es un ejemplo de acabado a lápiz, realista y atractivo. Este bosquejo se dibujó y sombreó en un estilo algo libre y casual, pero efectivo. Los lápices blandos del

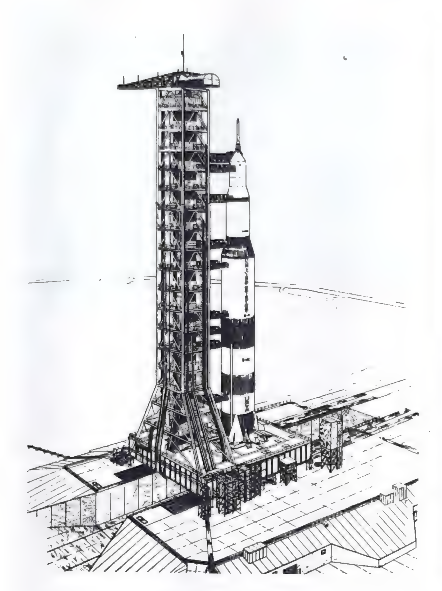


Fig. 16-47. Dibujo lineal con poco sombreado.

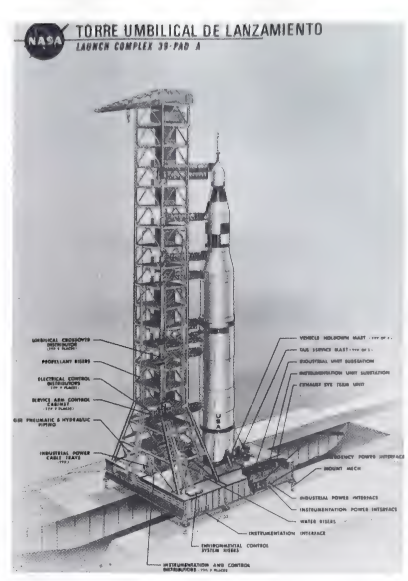


Fig. 16-48. Dibujo acabado del dibujo lineal de la fig. 16-47. (Ambos dibujos, cortesía de NASA.)

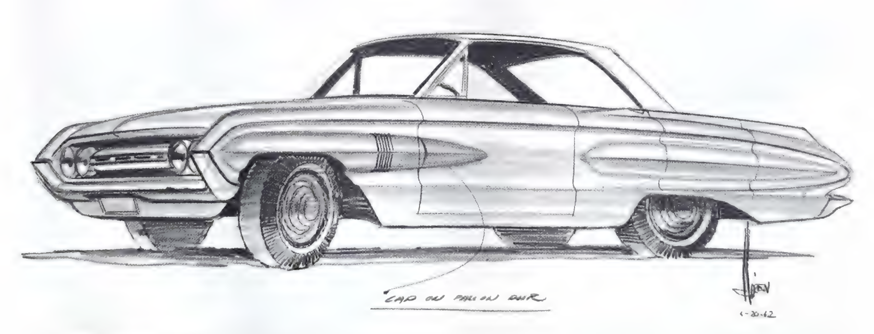


Fig. 16-49. Bosquejo a lápiz de un automóvil. (Cortesía de Ford Motor Company.)

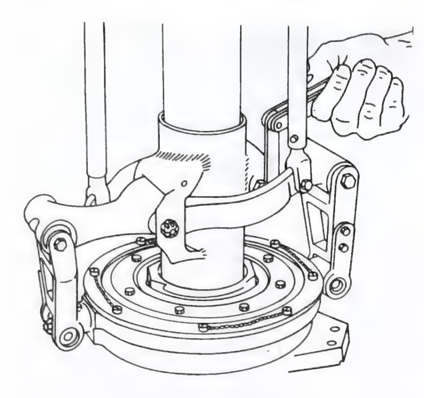


Fig. 16-50. Dibujo lineal a tinta, utilizado para ilustrar un manual técnico. (Cortesía de Bell Helicopter Corporation.)

rango HB-3B son los más apropiados para bosquejar. El papel de dibujo generalmente se usa como superficie para bosquejar; sin embargo, un papel de textura suave permite una mayor variedad de tonos en dibujo lineal y sombreado de superficies.

Hay dos tipos básicos de sombreado a lápiz: sombreado con líneas y sombreado desvanecido. El sombreado con líneas se obtiene variando la presión sobre el papel y la .forma de la punta del lápiz. Los trazos generalmente son visibles en este método de sombreado. La técnica del desvanecido es un proceso de pulido del grafito con las yemas de los dedos o un pedazo de algodón para dar un tono de apariencia desvanecida.

Sombreado a tinta. El sombreado a tinta es una técnica muy apropiada para reproducción, puesto que las fotografías de los dibujos a tinta darán reproducciones de alta calidad.

Fig. 16-51. Sombreado a tinta, aplicado a una ilustración hecha también a tinta. (Cortesía de Shell Oil Company.)



Fig. 16-52. Dibujo a tinta, hecho con técnica a mano alzada.



Fig. 16-53. Esta fotografía se empleó como guía del dibujo a tinta de la fig. 16-52.

Los dibujos lineales para ilustrar partes específicas de un mecanismo son ampliamente utilizados en catálogos de equipos y manuales de mantenimiento, cuando no es necesario el realismo de un dibujo completamente acabado. Un ejemplo de esto es el dibujo lineal tomado de las instrucciones para reparación de la Bell Helicopter Corporation (fig. 16-50).

Para dar una apariencia más real, las superficies se pueden rayar a tinta y se pueden combinar líneas trazadas a mano alzada y con instrumentos. La fig. 16-51 es una vista ortogonal lineal a tinta que da más realismo, debido a la aplicación del sombreado a sus superficies. En este caso, las líneas de sombreado se trazaron con instrumentos de una manera precisa y uniforme. Por el contrario, el bosquejo del edificio de la fig. 16-52 se dibujó a lápiz y con instrumentos a partir de la fotografía de la fig. 16-53 y se sombreó con tinta mediante una técnica a mano alzada. El rayado se usa para dar textura a las superficies y áreas sombreadas. Los bosquejos de este tipo se pueden dibujar fácilmente por calco de una ampliación fotográfica sobre papel de dibujo o proyectando la imagen de una fotografía sobre una superficie de dibujo mediante un proyector opaco. El ilustrador puede entonces establecer las líneas más significativas del dibujo y ahorrar tiempo. En la fig. 16-54 se muestra una técnica de negreado en tinta. Se usa gran cantidad de sólidos, y las superficies contorneadas se describen con líneas paralelas trazadas con instrumentos. Todas estas técnicas tienen características convenientes y ventajosas. Cada una de ellas debe experimentarse

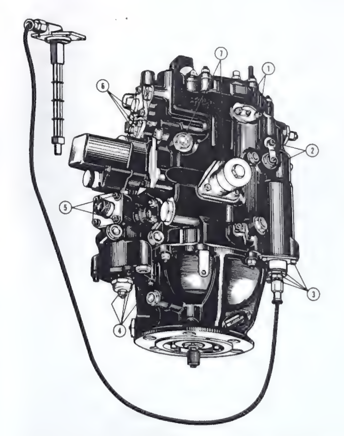


Fig. 16-54. Dibujo a tinta, empleando la técnica del negreado. (Cortesía de Bendix Corporation.)

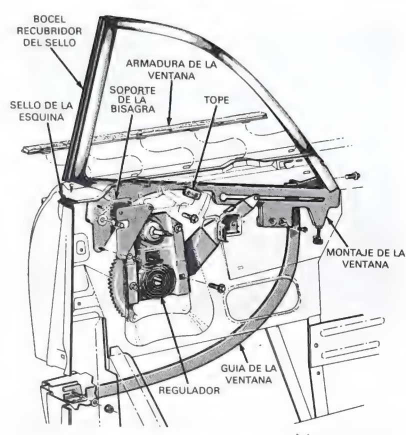


Fig. 16-55. Ejemplo de aplicación de películas con caracteres prefabricados a un dibujo lineal a tinta. (Cortesía de Ford Motor Company.)

para determinar el método más adecuado al individuo y sus necesidades.

Películas con caracteres adheribles. Este tipo de películas se usa para añadir realismo y textura a las superficies (fig. 16-55). Este material, que viene en diferentes sombreados y colores, puede ser rápidamente aplicado sobre dibujos a lápiz o a tinta. El tono grisáceo del sistema articulado de la fig. 16-55 se llevó a cabo colocando una película de caracteres sobre un dibujo lineal a tinta. La hoja de película consta de muchos puntos negros y pequeños que dan la impresión de una tonalidad grisosa que posee excelentes cualidades de reproducción. El método de aplicación se ilustra en la fig. 16-56. La hoja deseada se selecciona y coloca sobre el dibujo lineal por sombrear, se presiona suavemente con un instrumento romo o estilete (parte B) y entonces se corta por los límites con un estilete puntiagudo o cuchilla de afeitar (parte C). La parte sobrante de la película se retira del dibujo y las áreas sombreadas quedan firmemente adheridas en su posición.



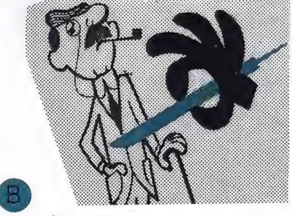






Fig. 16-56. Pasos que se siguen en la aplicación de una película de caracteres adheribles, utilizada para sombrear un área. (Cortesía de Artype® Incorporated.)

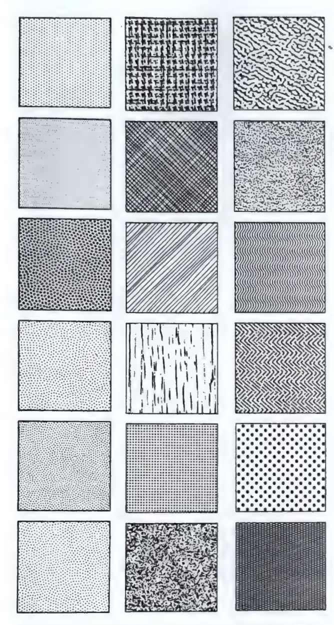


Fig. 16-57. Ejemplos de sombreados disponibles en hojas de 23 cm × 30 cm.

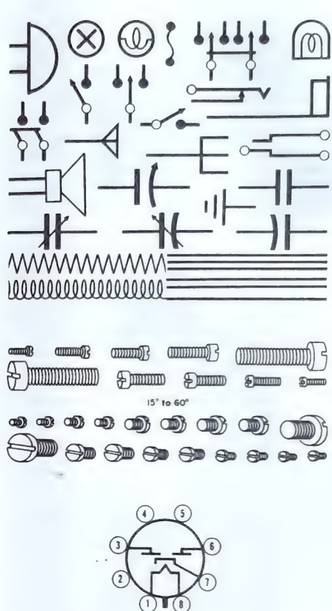


Fig. 16-58. Algunos de los muchos símbolos disponibles en películas de caracteres adheribles. (Cortesía, con la figura anterior, de Artype® Incorporated.)

Las películas de caracteres de este tipo se obtienen de diferentes fuentes comerciales y bajo diferentes marcas de fábrica. Estas películas vienen con adhesivos especiales para soportar el calor en las reproducciones heliográficas. Las películas de caracteres se encuentran con un acabado mate o brillante. El acabado brillante se prefiere para el trabajo artístico que va a ser fotografiado y reproducido en offset. Las superficies brillantes dan una reproducción superior con mayores detalles. De otra parte, el acabado mate es más ventajoso para trabajo artístico que se va a observar en su forma original, puesto que este acabado parece que es el producido por el ilustrador. El acabado brillante refleja la luz y es fácil descubrirlo cuando se ha aplicado sobre un original. Ejemplos de algunas de las películas obtenibles se dan en la fig. 16-57. Cuando el trabajo artístico debe reducirse durante el proceso de reproducción, se debe seleccionar una hoja de puntos que se deje reducir sin apiñar (porque el punteado es muy denso) o desaparecer (poque el punteado es muy fino). Los productores dan las instrucciones para ayudar en la selección de las películas de caracteres.

Los símbolos y formas que se utilizan repetidamente también se encuentran en el comercio. En la fig. 16-58 se dan ejemplos de símbolos eléctricos y tornillos. Todos estos símbolos

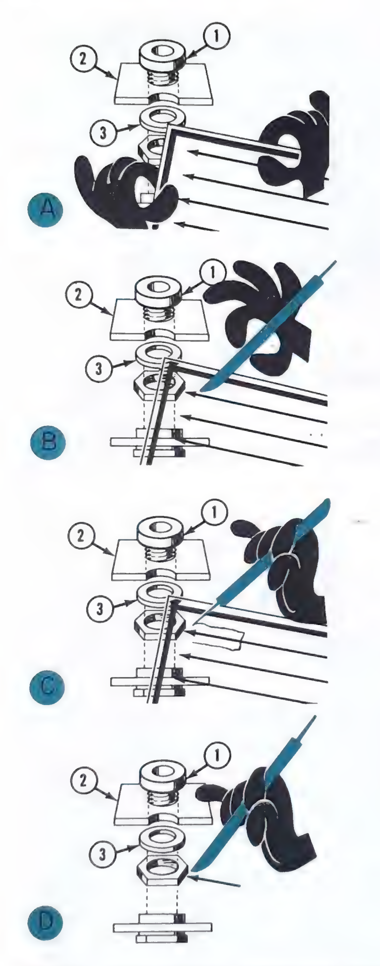


Fig. 16-59. Pasos que se siguen en la aplicación de flechas y números sobre el plano de un conjunto. (Cortesía de Artype®, Incorporated.)

se encuentran en escalas normalizadas que se adaptan a la mayoría de los dibujos. La aplicación de flechas se ilustra en la fig. 16-59 y se hace de la misma manera que con la película de sombreado de la fig. 16-56. Los números se toman de otra hoja de película y se adhieren a las flechas como en el ejemplo. Los símbolos o sombreados se encuentran en otro tipo de películas de caracteres, las cuales se aplican de manera parecida; pero, al ser transferidos de la película al dibujo por medio de presión, permiten quitar completamente la película. Este tipo de películas es aconsejable para trabajos artísticos que se usarán en forma original. Todos estos materiales son excelentes para la preparación de gráficas y se discutirán en detalle en el capítulo 17.

Cartulina para esgrafiar. La técnica de la cartulina para esgrafiar es una técnica negativa: la superficie es negra y sobre ésta se producen líneas blancas rayando las áreas negreadas con un estilete de punta. La cartulina para esgrafiar, disponible en el comercio donde los proveedores de artículos de dibujo, es una cartulina especialmente preparada con una superficie grafiada, la cual es fácil de quitar por rayado con un instrumento puntiagudo. En la fig. 16-60 se muestran ejemplos de líneas esgrafiadas sobre el área negreada de una cartulina de este tipo. La variedad de líneas producidas se logra mediante diferentes tipos de puntas del estilete. Las puntas para esgrafiar forman parte del equipo para grabar sobre cartulina de esgrafiar.

En la fig. 17-61 se muestra una ilustración sobre cartulina para esgrafiar. Las líneas blancas se hicieron con un estilete. El ilustrador rayó por pasos las áreas negras, para conservar las líneas guías, en vez de rayar el área total de un solo paso. Obsérvese que los espesores de las líneas blancas varían para dar una representación natural de las partes. El tecnígrafo de la fig. 16-62 es una ilustración esgrafiada hecha en un tamaño de, aproximadamente, 40 × 60 cm. Esta reproducción da una idea de la capacidad de reducción en esta técnica. Aunque la técnica de esgrafiado es un método tradicional, no es muy empleada en ilustraciones de ingeniería.

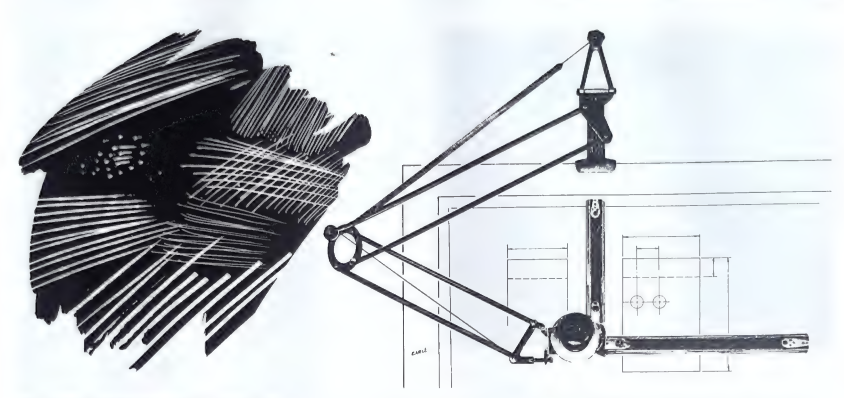


Fig. 16-60. Ejemplos de líneas grabadas sobre cartulina para esgrafiar.

Fig. 16-62. Ejemplo de un dibujo esgrafiado. (Cortesía de Gramercy Guild, Incorporated.)

Aerógrafo. Un aerógrafo es un pequeño atomizador que se usa para rociar una superficie de dibujo con una fina nube de tinta diluida para obtener variaciones graduadas en el tono (fig. 16-63). Con este delicado instrumento se puede obtener un alto grado de realismo, como se puede ver en la fig. 16-64, en la cual se ha modificado el área de una fotografía para aclarar una sección del conjunto. El realismo obtenido es suficiente para impresionar al ojo como si se tratara de una fotografía real. El aerógrafo se usa para añadir tridimensionalidad y realismo al esquema ortogonal de la fig. 16-65.

Cuando se trabaja con el aerógrafo, se usa papel frisket o una cubierta para proteger la porción del dibujo que no se está rociando. El frisket es un papel transparente especialmente preparado, tratado con cemento de

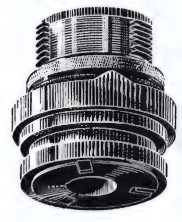


Fig. 16-61. Dibujo esgrafiado utilizado para ilustrar partes de máquinas. (Cortesía de Carlyle Johnson Machine Co.)



Fig. 16-63. Utilización de un aerógrafo para sombrear un dibujo.

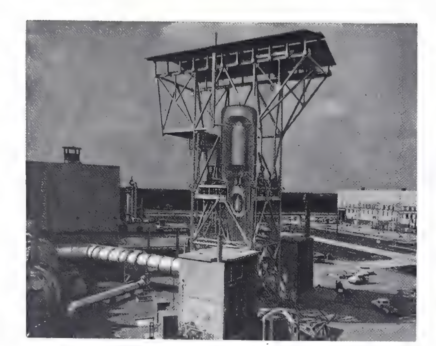


Fig. 16-64. Fotografía modificada con un aerógrafo.

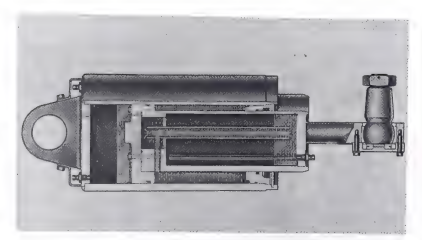


Fig. 16-65. Dibujo en vista ortogonal, acabado con aerógrafo. (Cortesia, con la figura anterior, de Aro, Inc., Arnold Engineering Center.)

caucho por uno de sus lados, de manera que se adhiere a la superficie de dibujo mientras se utiliza. En el frisket se cortan aberturas o ventanas para exponer la superficie que se va a sombrear. El aire comprimido (usado para rociar la tinta o témpera diluidas) es suministrado por un motor-compresor o por cilindros de bióxido de carbono. Este método de acabado es ampliamente utilizado por los ilustradores comerciales para la presentación de conjuntos técnicos y detalles.

El aerógrafo se utiliza frecuentemente para retocar fotografías y mejorar su reproducción. En la fig. 16-66 se da un ejemplo de la fotografía de un conjunto que se ha retocado con aerógrafo para mejorar la representación de sus partes. Muchas fotografías pueden no representar claramente detalles significativos. Además de los tonos grises producidos por el aerógrafo, se añaden al dibujo líneas con témpera blanca y tinta negra.

16-16 EFECTOS COMBINADOS

Para aumentar el efecto de un acabado, se pueden combinar varios medios. El diseñador debe estar familiarizado con las técnicas de

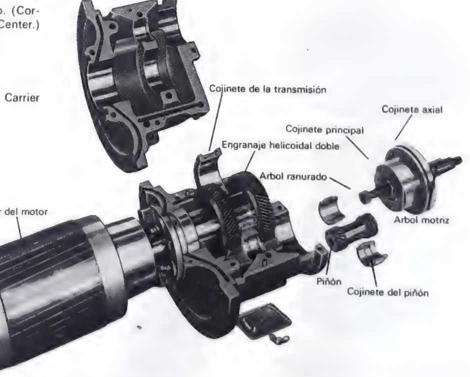


Fig. 16-66. Fotografía retocada con aerógrafo. (Cortesia de Carrier Air Conditioning Corporation.)

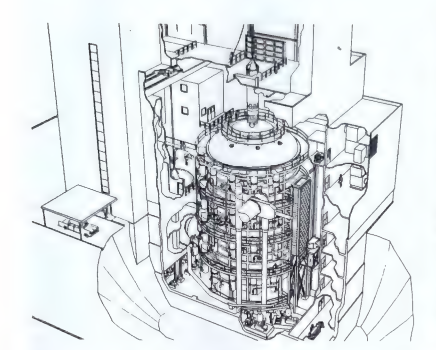


Fig. 16-67. Dibujo lineal de un sistema complicado.

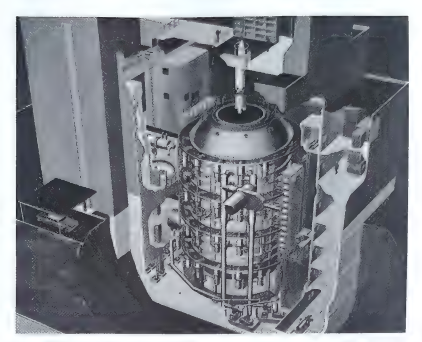


Fig. 16-68. Dibujo completamente acabado del lineal de la figura 16-67. (Ambos dibujos, cortesía de Aro, Inc., Arnold Engineering Center.)

acabado disponibles y sus ventajas, de manera que sea capaz de preparar las ilustraciones pedidas o dirigir su preparación. Si sus dibujos terminados van a ser reproducidos en una publicación, deberá trabajar conjuntamente con el departamento de reproducción para estar seguro de que el método de ilustración escogido sea el apropiado al tipo de reproducción que se va a utilizar.

El dibujo lineal de la fig. 16-67 se hizo antes de su construcción, con base en especificaciones de ingeniería. Un dibujo de este tipo debe ser ejecutado por una persona que esté en contacto cercano con el proyecto o debe ser preparado bajo la supervisión de uno de los ingenieros del mismo. A continuación, al dibujo lineal se le tiene que dar un acabado mediante diferentes técnicas, incluyendo aerógrafo, sombreado a tinta y brocha (figura 16-68). La ilustración terminada describe completamente los detalles interiores y exteriores de la estructura y, por tanto, comunica claramente las características del diseño al observador. En realidad, las características de diseño se pueden analizar y evaluar mejor en este dibujo que en las muchas hojas de planos de trabajo que se necesitarían para describir la estructura y su sistema.

16-17 RESUMEN

Los principales tipos de ilustraciones tratados en este capítulo son: (1) perspectivas isométricas; (2) perspectivas oblicuas; (3) proyecciones axonométricas; (4) proyecciones oblicuas; y (5) proyecciones en perspectivas. En general, todas las clases de ilustraciones son de alguno de estos tipos o modificaciones de los mismos. El diseñador debe estar familiarizado con estos tipos generales de ilustraciones para utilizarlos efectivamente en la comunicación consigo mismo y con los demás. Los dibujos convencionales de vistas múltiples pueden ser difíciles de interpretar, aun cuando estén correcta y exactamente dibujados. Esto es especialmente cierto en el caso de una persona no técnica y desacostumbrada a esta forma de representación. Los dibujos en perspectiva y bosquejos son convenientes para suministrar este nexo entre el experto y la persona corriente y para describir la configuración verdadera del diseño que se esté presentando.

Los informes técnicos se mejoran si se utilizan métodos de ilustración para describir las características significativas de un diseño que se está estudiando. Los catálogos y manuales de mantenimiento, generalmente, son mejores

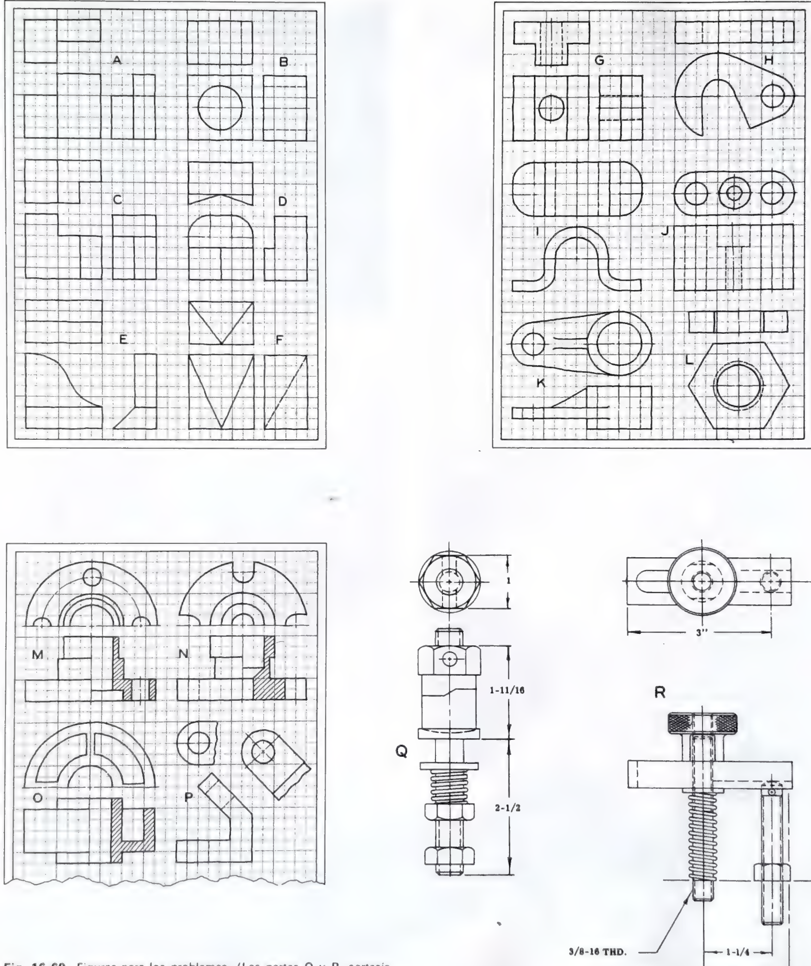


Fig. 16-69. Figuras para los problemas. (Las partes Q y R, cortesía de Universal Engineering Corporation.)

si se les adjuntan ilustraciones para explicar detalles importantes y relaciones entrê componentes. Los informes orales son más efectivos cuando se ilustran con perspectivas para complementar dibujos de vistas múltiples. Las ilustraciones tridimensionales son el lenguaje de gráficas más universalmente comprensible.

El sombreado y acabado de ilustraciones tiende a ser del área de la ilustración técnica, la que ha llegado a ser, en los últimos años, un área importante de la industria gráfica. Todas las ilustraciones empiezan con un dibujo lineal que esquematice la parte que se va a ejecutar en forma acabada para darle mayor realismo. Las técnicas de ilustración presentadas brevemente en este capítulo son sólo unas cuantas de las técnicas que se pueden aplicar a los dibujos. Hay disponibles muchas referencias para guiar en la preparación de ilustraciones técnicas más sofisticadas, aquellas que generalmente son preparadas por un ilustrador técnico. Aunque el ilustrador técnico está en posición ventajosa si tiene habilidades artísticas, la persona de talento promedio encontrará que, aplicando principios básicos y teóricos, podrá preparar y dar acabado efectivo a sus ilustraciones. Las técnicas de construcción y sombreado se basan en procedimientos mecánicos y en la comprensión de los principios fundamentales de la proyección. Las ilustraciones son, en verdad, mejores que muchas palabras, puesto que reducen en horas el tiempo que se necesitaría para explicar sistemas complicados por otros medios.

PROBLEMAS

Generalidades

Los problemas deben presentarse en papel cuadriculado o blanco, de 21 × 28 cm, utilizando el formato presentado en la sección 1-19. Todos los bosquejos, notas, dibujos y trabajo gráfico deberán ser muy bien preparados, de acuerdo con las buenas prácticas. Las partes escritas deben ser hechas con letra legible, empleando guías de 3 mm. En el cuadriculado de los problemas dados, cada cuadrícula representa cuadrados de 5 mm a escala natural. Los dibujos y perspectivas pueden presentarse en una escala más grande, escogida por el estudiante o asignada por el profesor.

Las ilustraciones de las partes A hasta R se pueden usar para cualquiera de los problemas. Los problemas del final del capítulo 5 pueden ser adaptados como problemas adicionales sobre perspectivas. Si cada uno de éstos se dibuja a escala natural (con cada cuadrado de 5 mm), se pueden disponer dos problemas por hoja de 21 × 28 cm. Si se dibujan en escala 2:1, sólo cabrá uno por hoja.

Ilustraciones en general

1. Construya una perspectiva isométrica de los objetos asignados. Para las partes M, N, y O, construya secciones medias.

2. Dibuje bosquejos isométricos de los objetos asignados de las partes A hasta R. Si desea, puede utilizar papel para perspectiva isométrica.

3. Mediante instrumentos o a mano alzada, dibuje la perspectiva caballera de los objetos asignados de las partes A hasta R.

4. Dibuje la perspectiva de gabinete de los objetos asignados de las partes A hasta R. Dibuje las partes M, N y O como perspectiva de sección media.

5. Dibuje la perspectiva oblicua general de los objetos asignados de las partes A hasta R. Dibuje las partes M, N y O como perspectiva de sección media.

6. Construya una escala isométrica para dibujar proyecciones isométricas. Muestre las construcciones. Utilice esta escala para dibujar proyecciones de los objetos asignados de las partes A hasta R.

7. Construya una escala axonométrica para dibujar proyecciones dimétricas y/o trimétricas, según se le asigne. Calibre la escala y determine las especificaciones de los ángulos de las elipses. Utilizando esta escala, construya proyecciones axonométricas de los objetos asignados de las partes A hasta R de la fig. 16-69.

Perspectivas

La disposición que se muestra en la fig. 16-70 debe emplearse para las construcciones de los siguientes problemas de perspectiva con dos puntos de fuga. Las dimensiones dadas en números son constantes para las disposiciones de todos los problemas, y aquellas que se dan con letras son variables que se pueden obtener de la tabla 16-1. Estas perspectivas se deben dibujar en papel de 21 × 28 cm, de tal manera que la dimensión 21 cm corresponda a un lado vertical de la hoja. Estas especificaciones se pueden usar para construir la perspectiva de cualquiera de los objetos dados en las partes A hasta P de la fig. 16-69, según se asigne.

TABLA 16-1

	Dimensiones en pulgadas (Véase la fig. 16-70)			
	θ	*A*	*B*	*C*
8.	30°	$2\frac{1}{2}$	1	3
9.	45°	2	0	4
10.	20°	2	$\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$
11.	30°	3	1	2
12.	45°	$2\frac{1}{2}$	1	$2\frac{1}{2}$
13.	25°	2	$\frac{1}{2}$	3
14.	35°	3	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$

15 a **23**. Utilice las especificaciones dadas en la tabla 16-1 para construir la perspectiva con un punto de fuga de los problemas asignados de los que aparecen en las partes A hasta P de la fig. 16-69. Coloque el objeto con una superficie paralela al plano de dibujo en la vista de arriba.

Acabados

24. Dibuje ilustraciones acabadas, utilizando las técnicas de sombreado asignadas por su instructor, escogidas entre las vistas en este capítulo. Pueden utilizarse para acabar un dibujo lineal de los construidos en los problemas precedentes. Busque un acabado de calidad profesional, que se pueda reproducir. Se deben asignar las siguientes técnicas de ilustración: (1) lápiz, (2) tinta, (3) tinta y película de caracteres adheribles, (4) cartulina para esgrafiado y (5) aerógrafo.

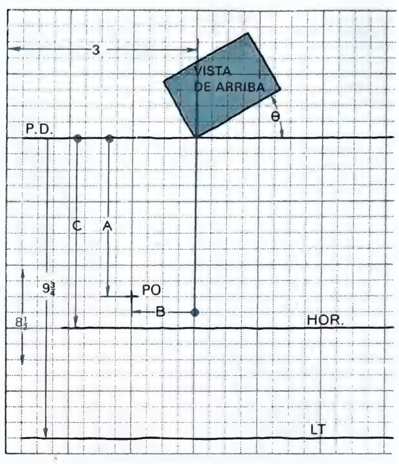


Fig. 16-70. Las dimensiones para esta disposición se dan en la tabla 16-1.

Conjuntos

25. Las ilustraciones Q y R de la fig. 16-69 son conjuntos que constan de varias partes que aparecen ensambladas. Se dan las dimensiones principales y las demás deben de ser estimadas. Dibuje una ilustración del conjunto y con el tipo de ilustración asignado: tipo 1, despiece explotado que muestre las partes como en la fig. 16-4; tipo 2, conjunto parcial en el cual las partes aparezcan parcialmente ensambladas; o tipo 3, conjunto totalmente ensamblado. Se pueden utilizar perspectivas en sección para explicar detalles interiores significativos.

17
PRESENTACION PARA DECISION



17-1 GENERALIDADES

La fase decisoria del proceso de diseño es un período primordial dentro de la secuencia de diseño. El diseño ya ha sido concebido, desarrollado, perfeccionado y analizado; corresponde ahora tomar una decisión, con el fin de determinar cuál es el diseño óptimo; es decir, cuál merece realizarse. El proceso decisorio se basa, en gran parte, en hechos reales y en datos, pero, aun en el mejor de los casos, requiere una decisión subjetiva tomada por individuos responsables. La responsabilidad de tomar decisiones no puede ser delegada a un computador o a un sistema mecánico. El juicio y la evaluación intuitiva del individuo serán siempre factores decisivos prominentes cuando se trate de aprobar la realización de un diseño.

En este capítulo se discuten los detalles de organización y planeación de una presentación oral con base en la cual se tomará una decisión. Esta presentación puede ser una discusión de planes alternativos entre los cuales debe decidirse, o también puede ser la presentación de un diseño único seleccionado por el equipo de diseño como el más factible. Una decisión de esta importancia no puede siquiera intentarse, a menos que se reseñe detalladamente la información preliminar, las encuestas de mercado y los análisis de resultados y de costos. La presentación oral es el procedimiento mediante el cual se llega a decisiones finales, luego de haber estudiado el informe final discutido en el capítulo 15.

El capítulo 16 servirá de referencia en la elaboración de ayudas visuales en las cuales se necesiten ilustraciones tridimensionales. En la presentación decisoria de conceptos de diseño se pueden emplear, bien sea ilustraciones elaboradas formalmente o bosquejos. Además, las técnicas de presentación y acabado de una ilustración se pueden aplicar en la elaboración de ayudas visuales de tipo fotográfico, las cuales se pueden presentar como diapositivas o transparencias de retroproyector. Estos métodos se mencionan como complementos necesarios en la elaboración de ayudas visuales que se presenta en este capítulo.

17-2 TIPOS DE DECISIONES

El trabajo del diseñador no termina una vez completa su investigación y diseño. Todo su esfuerzo será en vano si no puede lograr la aceptación de su solución por parte de sus asociados y administradores. En consecuencia, el diseñador debe estar en condiciones de expresar sus ideas con convicción y claridad, tanto en una presentación escrita como en una oral.

Es posible llegar a varios tipos de decisiones como resultado de una exposición oral. Primero, la solución del diseño o las recomendacio-

nes de la presentación pueden ser rechazadas en su totalidad. Tal rechazo puede tener sus orígenes en un cambio de política de la compañía o en un cambio de las condiciones externas del negocio, o puede ser el resultado de la imposibilidad de lograr la aprobación del grupo decisorio. Es obvio que un cambio de condiciones durante el desarrollo del proyecto puede ocasionar el rechazo por razones económicas naturales. El diseño de un mecanismo especializado puede interrumpirse, aun en sus etapas finales, si en este tiempo se ha logrado el desarrollo de otro mecanismo ante el cual el diseño propuesto resulta obsoleto en todas sus fases. El rechazo de un diseño, aunque éste sea necesario, puede ser el resultado de un diseño inadecuado o de una presentación deficiente que no logra vender la idea.

Segundo, un diseño puede ser aceptado en su totalidad. Esto es un cumplido para el diseñador por su gestión en la investigación, solución y presentación del proyecto. Esta decisión le da vía libre al proyecto para su realización y desarrollo en su forma final.

El tercer tipo de decisión es un término medio entre los dos anteriores; es decir, será necesario modificar algunas de las recomendaciones propuestas en la presentación. Como modificaciones de un diseño en particular, se pueden sugerir características superiores que resulten más económicas, de más fácil mantenimiento o, en fin, más convenientes bajo las condiciones existentes. Tales modificaciones no necesariamente van en detrimento del equipo de diseño; por el contrario, pueden ser sugerencias lógicas que se espera aparezcan en la mayoría de las presentaciones para decisión.

17-3 TIPOS DE GRUPOS

La presentación o exposición se puede dar ante una o dos personas, o ante un grupo numeroso. Los grupos pueden variar en cuanto a número y calidades de los componentes; es decir, desde un técnico asociado al proyecto hasta un grupo de individuos completamente ajenos al proyecto y sus objetivos. La exposición generalmente se hace a un grupo pequeño de asociados o a un grupo numeroso (más de ocho personas) menos conocedor del proyecto. Para el grupo de asociados será suficiente una presentación informal, mientras que para un grupo ajeno a la materia será necesario preparar algo más formal. Aunque los principios fundamentales de la presentación son los mismos, deben emplearse técnicas diferentes en cada caso.



Fig. 17-1. Una decisión puede salir de una presentación informal ante un solo individuo; en este caso, se discuten y bosquejan las ideas. (Cortesía de Ford Motor Company.)

Presentación a varios asociados. El tipo de presentación fundamental es aquél dado a un grupo de asociados inmediatos en el proyecto o al superior. Esta presentación es bastante informal y sin ayudas visuales especialmente elaboradas, como sería el caso ante un grupo numeroso. No obstante, se deben emplear perspectivas, esquemas, bosquejos o modelos cuando sea necesario para transmitir en forma clara los conceptos del diseño. Como resultado de esta discusión informal, puede llegarse a decidir el cambio de aproximación al diseño o aun el rechazo total de la idea. Por tanto, todos los esfuerzos deben estar encauzados a comunicar la totalidad de la idea mediante todas las herramientas gráficas disponibles.

Cuando solamente intervienen pocas personas, las ideas se pueden bosquejar y discutir

(fig. 17-1). Si en la discusión intervienen unas cuantas personas más que trabajan conjuntamente en el proyecto, las ideas, bosquejos y esquemas se pueden dibujar en un tablero (fig. 17-2). Este tipo de presentación es menos exigente que el formal de grupo (que se discutirá más adelante), ya que la audiencia se compone de asociados familiarizados con el problema y sus requisitos. Las presentaciones informales generalmente son de tipo preliminar; es decir, ocurren durante las etapas iniciales del desarrollo del proyecto. El mismo material se presentará posteriormente con más detalle. La presentación informal, no obstante, puede ser todo lo que se necesita en una organización menor, en donde los individuos que intervienen tienen toda la autoridad.

Presentaciones formales. Este tipo de presentaciones recibe el mayor énfasis en este capítulo, dado que, generalmente, es más exigente que la presentación informal. En esta etapa, el diseñador ha completado su planeación y diseños preliminares; ha seleccionado el mejor diseño y ha hecho sus recomendaciones en un informe escrito. Está, ahora, en el proceso de presentar sus descubrimientos oralmente ante el grupo que decidirá la aceptación o el rechazo del diseño antes de iniciar la producción, construcción o realización de las recomendaciones.



Fig. 17-2. A un grupo de asociados profesionales se le puede hacer una presentación informal por medio de notas preliminares y bosquejos en una pizarra. (Cortesía de Exxon Research de New Jersey.)

El grupo al cual se da la presentación puede componerse de asociados profesionales, administradores o personas ajenas al proyecto, en forma exclusiva o combinada. Una exposición presentada ante asociados profesionales únicamente tendrá una orientación más técnica que ante un grupo de tipo diferente o combinado. La funcionabilidad y aceptabilidad del diseño desde el punto de vista técnico serán las consideraciones más importantes para los ingenieros asociados. Los administradores probablemente estarán más interesados en la factibilidad económica del diseño y, después de todo, en su utilidad neta estimada. El grupo ajeno puede estar compuesto de los clientes para quienes se diseña el proyecto, de accionistas o del público en general, el cual puede votar para definir la aprobación del diseño. Una presentación formal ante un grupo requiere una considerable cantidad de organización orientada a garantizar el éxito de esta etapa vital del proceso de diseño. Todo diseño debe ser sometido al proceso de decisión antes de ser convertido en realidad.

17-4 ORGANIZACION DE LA PRESENTACION

La programación de la secuencia de la presentación y de los tipos de ayudas visuales que serán empleados constituye una parte importante del proceso de preparación. El expositor, por tanto, deberá estudiar el orden de la presentación y los tipos de ayudas que mejor le servirán para transmitir sus ideas. La presentación debe programarse totalmente, antes de intentar la elaboración de ayudas visuales, con el propósito de evitar desperdicio de tiempo y esfuerzo ocasionado por cambios en las últimas etapas de la organización.

Un método conveniente para la buena programación de una sesión formal consiste en emplear tarjetas tamaño postal (fig. 17-3). En estas tarjetas se anotan separadamente todas las ideas que puedan ilustrarse gráficamente por medio de dibujos, esquemas o fotografías. En cada tarjeta se bosqueja el tipo de ilustración requerido, se indica el método de reproducción que se desee emplear y se agregan

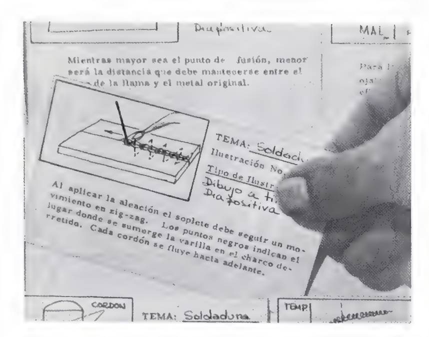
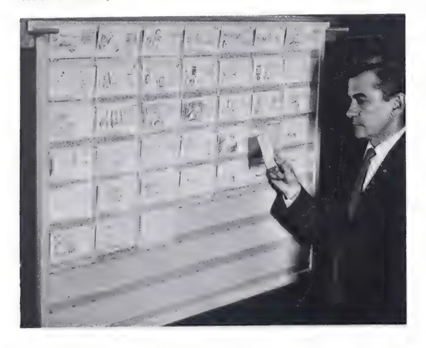


Fig. 17-3. Una presentación debe planearse mediante una serie de tarjetas (8×12 cm), en las que se reseñen los temas y las ayudas visuales.

Fig. 17-5. Ejemplo de la disposición de una tarjeta (8×12 cm) para fines generales.

notas que sugieran en forma general el tipo de discusión oral que deberá acompañar cada ilustración. La presentación completa se organiza de este modo, aunque las ideas estén todavía apenas esbozadas. La secuencia total de la presentación puede deducirse fácilmente, distribuyendo las tarjetas sobre una mesa, tablero de noticias o tablero de programación (fig. 17-4).

Fig. 17-4. Las tarjetas se pueden usar para organizar la secuencia de la presentación, ordenándolas en un tablero especial (como el de la figura) o sobre una mesa. Este método facilita cualquier modificación en la secuencia mediante una simple relocalización de tarjetas. (Cortesia de Kodak.)



En este punto, la posición y el contenido de las tarjetas son susceptibles de cambio fácilmente. Cada tarjeta debe perfeccionarse de tal manera que describa mejor la información que se va a presentar. Las tarjetas definitivas (fig. 17-5) deben contener la siguiente información:

1. *Número.* La posición de la tarjeta dentro de la secuencia de ayudas visuales.
2. *Ilustración.* Debe elaborarse un bosquejo de la ilustración. Se pueden agregar notas que indiquen los efectos especiales, tipos de ayudas y demás especificaciones convenientes para su preparación.
3. *Texto.* Una descripción general de la exposición oral que acompañará la ayuda visual.

Si durante la presentación se van a emplear diversos tipos de ayudas visuales, tales como cartelones, diapositivas, transparencias o combinaciones de éstos, el material debe dividirse en secciones que faciliten la continuidad en la transición de un tipo de presentación a otro. Este esfuerzo organizador reducirá al mínimo las confusiones causadas por cambios

de posición y de equipo de proyección, las cuales pueden ocasionar distracciones durante la presentación.

Después de ordenar y determinar el contenido de las tarjetas según su relación con la presentación, éstas deben agruparse conforme al tipo de ilustración o a la técnica de producción. Todas las gráficas que se han de ilustrar mediante transparencias deben agruparse para su preparación y elaboración simultáneas. La agrupación de gráficas e ilustraciones que se van a presentar mediante diapositivas facilita su producción y reduce el tiempo de disposición de equipo y demás preparativos preliminares inherentes a un proceso particular. El siguiente paso en la preparación de la presentación consiste en seleccionar las ayudas visuales adecuadas para los requisitos de la presentación y en preparar el trabajo artístico.

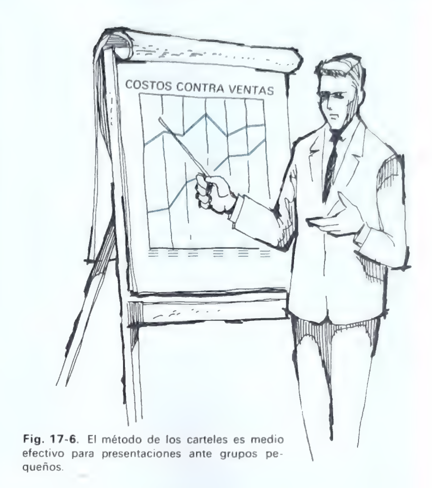


Fig. 17-6. El método de los carteles es medio efectivo para presentaciones ante grupos pequeños.

17-5 AYUDAS VISUALES PARA UNA PRESENTACION

Una presentación se organiza y conduce de forma muy parecida, tanto para un grupo pequeño como para uno numeroso. La diferencia esencial radica en los tipos de ayudas visuales empleados para comunicar las ideas que se exponen. Los ingenieros, técnicos, jefes de ventas y otros profesionales, en la mayoría de los casos, tienen que exponer información técnica a grupos de asociados o superiores en conferencias o reuniones. Cualquier tipo de comunicación puede mejorarse, utilizando las ayudas que garanticen la comprensión total del asunto que se está transmitiendo al grupo.

Las ayudas visuales que se emplean con mayor frecuencia son: carteles, diapositivas fotográficas, transparencias para retroproyector y modelos. Estas ayudas se pueden elaborar en forma esmerada y costosa o pueden prepararse económica y rápidamente, utilizando diversos artificios que conducen al mismo objetivo sin sacrificar eficiencia. Las siguientes reglas sirven para incrementar la eficiencia de cualquier tipo de ayuda visual:

1. Cada cartel o diapositiva debe comunicar únicamente una idea.
2. Las oraciones largas deben reducirse a palabras o frases claras que comuniquen la misma idea.
3. Los datos tabulados deben presentarse en forma gráfica y de fácil comprensión.
4. Todas las diapositivas y carteles deben ser legibles para el grupo al cual se dirige la presentación.
5. A las diapositivas o carteles se deben agregar ilustraciones, colores y otros artificios que llamen la atención y que den el énfasis apropiado.
6. Se debe preparar el número suficiente de diapositivas o gráficas, de tal manera que sólo se requieran unos cuantos minutos de discusión para transmitir la idea.

17-6 CARTELES

Los carteles que aquí se tratan se elaboran en grandes hojas de papel de peso mediano montadas en un caballete o atril y se emplean para presentaciones de grupo (fig. 17-6). Cada

cartel se va pasando sucesivamente, como se indica en la figura, a medida que transcurre la discusión. Aunque el método de los carteles puede ser adecuado en algunos casos para grupos numerosos, su aplicación más apropiada se encuentra en conferencias o presentaciones a menor escala, por ejemplo, dentro de un área menor a la de un aula de clase tamaño promedio. El tamaño de la audiencia y su acomodación afectan el tamaño y la composición de los carteles. El formato corriente de estos carteles es de 100 × 60 cm; los tamaños menores resultan inconvenientes en la mayoría de los casos.

Los carteles pueden elaborarse en casi toda clase de papel y se pueden emplear materiales bastante económicos y efectivos. Ante todo, debe tenerse en mente la finalidad de los carteles, o sea, la comunicación de una idea. En los siguientes apartados se indicarán algunos métodos empleados en la confección de carteles.

Papel. El papel común de envolver, bien sea blanco o de cualquier color claro, resulta muy adecuado para las series de carteles que se empleen en presentaciones que se dan una sola vez. Una lámina de cartón corrugado del tamaño apropiado puede servir de respaldo a los carteles; éstos se recortarán a un tamaño igual al del cartón de respaldo. La serie de tarjetas (sección 17-4) se emplea como guía en la elaboración de los carteles. Para esto se pueden emplear líneas de guía trazadas a lápiz, las cuales no es necesario borrar; o también se pueden utilizar trazos con lápices de ciertos colores que no dejan huellas notorias. Estas guías se pueden trazar con instrumentos para mejorar el dibujo. Se recomienda dibujar todos los carteles de una vez y en serie, de tal manera que guarde la uniformidad de estilo y técnica; lo mismo es válido para los letreros y demás trabajo artístico.

Elementos de caligrafía. Los letreros finales se pueden escribir empleando marcadores de fieltro, tiza, tinta, témpera, pintura o película de caracteres desprendibles. Los marcadores de fieltro se emplean ampliamente en el trazado rápido de líneas llamativas de diversos colores

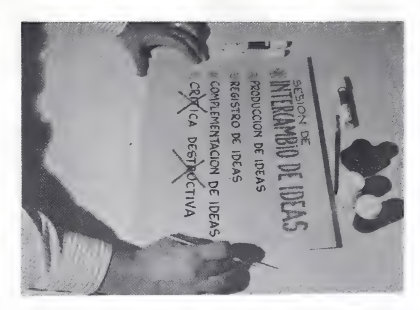


Fig. 17-7. Los marcadores de fieltro resultan bastante versátiles en la preparación de carteles y otras ayudas visuales.

y producen efectos bastante sofisticados cuando se saben usar. Estos marcadores se pueden emplear tanto para trazados a mano alzada como con instrumentos (fig. 17-7). La tiza de colores se puede emplear para sombrear áreas o escribir en los carteles. Los dibujos a tiza deben manipularse con cuidado o se les debe aplicar un fijador que evite desvanecimientos y manchas. La tinta es un medio efectivo para escribir letreros y acentuar detalles en el cartel. Se puede aplicar a mano alzada con pinceles o plumas especiales para trazados gruesos; también se puede aplicar por medio de instrumentos mecánicos de caligrafía (díngrafos y plantillas). El diseñador debe desarrollar ciertas habilidades para la escritura a pulso de presentaciones, dado que resulta más rápida que la mecanizada e igualmente atractiva. Las témperas y pinturas a base de agua vienen en gran variedad de colores y, aplicadas con pincel, pueden producir efectos atractivos (fig. 17-8).

Película de caracteres desprendibles. Estos productos comerciales economizan gran cantidad de tiempo en la preparación de aquellos trabajos de índole repetitiva y a la vez producen una apariencia altamente profesional. La fig. 17-9 ilustra el modo de aplicar una de estas láminas especialmente fabricada para la NASA. En el paso 1 se sitúa la hoja

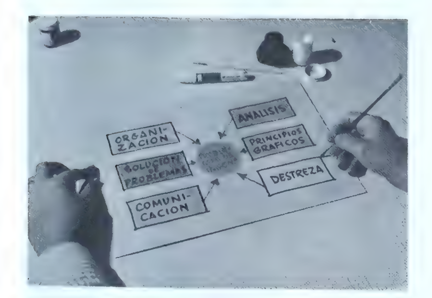


Fig. 17-8. Las témperas y pinturas a base de agua son materiales excelentes para la elaboración de ayudas visuales a todo color.

convenientemente y en el paso 2 se frota cuidadosamente la insignia para transferirla al diseño de tal manera que parece impresa en el papel. La fig. 17-10 muestra otra aplicación de este tipo de material. En este caso, las letras o los caracteres están estampados en forma permanente en la película y no se pueden desprender como en la fig. 17-9. En cambio, las letras se pueden remover recortando una porción de película, como se muestra en el paso 1; se remueve la letra (paso 2) y se alinea el segmento recto impreso bajo la letra con la línea horizontal de guía (paso 3). En el paso 4 se frotan la letra y la porción de película para asegurar su adherencia al papel y, por último, se recorta o raspa la línea de guía.

Este tipo de láminas puede tener una superficie de acabado brillante o mate difícilmente visible. En estas láminas se dispone de áreas punteadas, símbolos, letras o números, o combinaciones de éstos; también vienen en diversos colores, adecuados para su aplicación en las presentaciones decisorias, como se indicó en el capítulo 16. Los medios visuales elaborados pueden ser empleados sobre carteles y transparencias o pueden fotografiarse para producir diapositivas de apariencia perfeccionada.

Color. Un cartel será más atractivo y efectivo si se emplean colores para agregar variedad.







Fig. 17-9. Las películas de caracteres desprendibles, comercialmente elaboradas, facilitan la preparación de materiales de exposición. En este ejemplo, un emblema se transfiere al trabajo. (Cortesía de Instantype® Inc.)



Fig. 17-10. Los letreros se pueden elaborar empleando películas de caracteres adheribles, los cuales suministran al trabajo una apariencia profesional. (Cortesía de Artype®, Inc.)

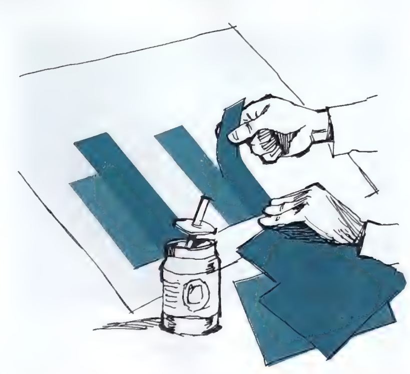


Fig. 17-11. El empleo de papel de colores mejora la apariencia de carteles y otras ayudas visuales; además, su confección se simplifica enormemente.

Cualquiera que sea el color escogido, debe ser apreciable por la audiencia y compatible con los demás colores empleados. Es conveniente comprobar la visibilidad de un color, observando la apariencia de un dibujo de muestra desde las posiciones más desfavorables del lugar de exposición y con anterioridad a la elaboración de toda la serie de carteles.

Una manera rápida y efectiva de colorear un cartel consiste en emplear papel de colores y pegante. La gráfica o esquema se dibuja normalmente, excepto que, en vez de sombrear o pintar las áreas coloreadas, se pueden pegar en los sitios por colorear recortes de papel de colores. En general, un cartel de este tipo debe ser más bien claro y sencillo, y, por tanto, no debe contener detalles difíciles de elaborar. Con un poco de práctica, el diseñador estará en condiciones de emplear ventajosamente los colores llamativos de este tipo de papel para darles a las gráficas un toque profesional. Esta técnica es especialmente útil en diagramas de barras, como se ilustra en la fig. 17-11.

Compilación. En su forma definitiva, los carteles se compilan en orden, acompañados de un cartel de título y una primera hoja en blanco que sirve de cubierta. Estas hojas

se aseguran de algún modo al tablero de respaldo.

La hoja de cubierta en blanco oculta el tema de los carteles y retarda cualquier anticipación de la presentación hasta cuando el expositor lo juzgue conveniente. Esto disminuye la posibilidad de que la audiencia se forme una impresión adelantada de la presentación.

Presentación. Con anterioridad a la reunión, los carteles deben montarse en un atril y éste debe situarse en la posición más adecuada para su observación. Al comienzo puede ser conveniente hacer observaciones introductorias respecto a la presentación, antes de destapar la página de título. Esta página se puede descubrir a la vez que se hacen observaciones de carácter más específico respecto a la información que se va a discutir. Los carteles se pasan en secuencia, refiriéndose a ellos con un indicador para evitar que el orador obstaculice la visión de la audiencia. Las notas escritas deben ser las mínimas necesarias, ya que éste es el propósito de los carteles; sin embargo, puede ser conveniente escribir ciertos puntos claves, en una esquina apropiada, de tal manera que sólo sean visibles para el expositor. Lo mismo que en un informe técnico, deben existir carteles concluyentes que den relieve y repasen los puntos claves. Una presentación no debe durar más de treinta minutos. Es posible hacerla en menos de veinte minutos si se emplean ayudas visuales efectivas.

17-7 DIAPOSITIVAS FOTOGRAFICAS

Las diapositivas son bastante efectivas en aquellos casos en que los carteles resultan demasiado pequeños para ofrecer buena visibilidad o cuando se expone ante grupos numerosos. Son casi una necesidad cuando se requieren fotografías para describir escenas o ejemplos reales. Las diapositivas, generalmente de 2″×2″, pueden ser archivadas en forma fácil y económica para su empleo en otras presentaciones. El resto de esta sección está dedicado más a la preparación de material gráfico sometido a fotografía que a la de escenas fotográficas, las cuales la mayoría conoce.

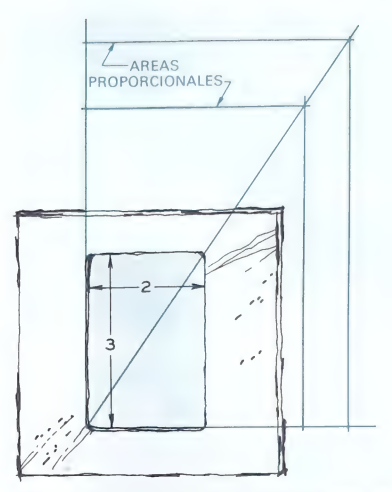


Fig. 17-12. Método de proporcionar el tamaño de las planchas preliminares para diapositivas fotográficas.

Disposición del trabajo para diapositivas. La porción fílmica de una diapositiva promedio ocupa un área cuyos lados están en proporción de 3:2; por consiguiente, el material que se va a fotografiar deberá disponerse sobre un área proporcional. La fig. 17-12 ilustra el método para lograr estas áreas en la proporción correcta para una diapositiva de 35 mm. Un formato de 20 × 30 cm es apropiado para la mayoría de los casos en que se desea presentar información por medio de diapositivas. Un fondo de color es mucho más cómodo para la vista que uno blanco. Las combinaciones de colores en cada diapositiva proporcionan variedad a la secuencia y mantienen un alto grado de interés. Los papeles de colores y cartulinas y demás materiales empleados para elaborar avisos pueden emplearse con gran propiedad en la disposición de trabajos para diapositivas. Las líneas de guía que se necesiten deberán trazarse con lápices que no dejen en la diapositiva terminada huellas o marcas que distrai-

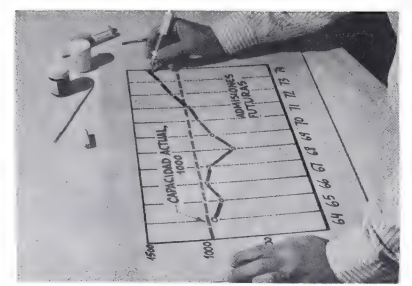


Fig. 17-13. Los marcadores, témperas, tintas y demás técnicas empleadas en carteles se pueden aplicar a la preparación de planchas para diapositivas.

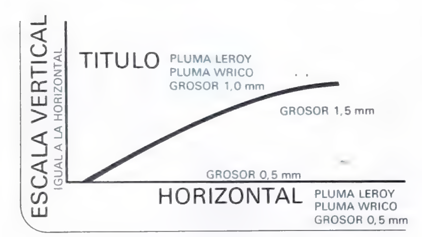


Fig. 17-14. El grosor de las líneas indicado aquí debe servir como guía para la elaboración de las gráficas que se expongan en diapositivas. Las líneas deben ser, por lo menos, de esta intensidad. (Cortesía de Kodak.)

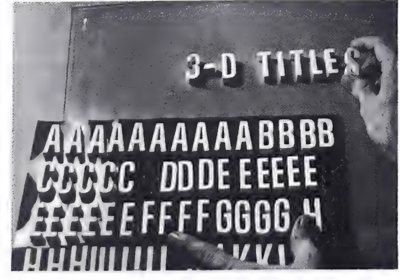


Fig. 17-15. Existen en el comercio letras tridimensionales, útiles en la preparación de material para diapositivas.

gan la atención. Todas las diapositivas de un mismo formato deben esbozarse al mismo tiempo, con el fin de economizar tiempo y duplicación de esfuerzos.

Al fotografiar el trabajo se debe dejar un margen de por lo menos 2 cm a cada lado para garantizar que la diapositiva contenga todos sus detalles. En la preparación de trabajos para diapositivas se pueden emplear los mismos materiales que se usan en carteles; es decir, tiza de colores, témperas, tinta, etc. (fig. 17-13). El empleo de instrumentos mecánicos de dibujo y caligrafía es practicable en el formato propuesto. Se debe tener gran cuidado en la selección del tamaño de letra apropiado para asegurar su legibilidad desde cualquier punto del auditorio. Cuando una diapositiva se proyecta sobre una pantalla de 1,50 × 1,50 m, se asegura buena visibilidad a 10 m si las letras del original (20 × 30 cm) son al menos de 3 mm. Se deben emplear mayúsculas únicamente y el espacio entre renglones debe ser igual a la altura de las letras. Para una buena proyección se sugieren las especificaciones caligráficas de la fig. 17-14.

Se pueden lograr efectos especiales utilizando letras tridimensionales o fondos poco corrientes y recortes de papel que suministren colorido e interés a la diapositiva. La fig. 17-15 muestra una serie de letras tridimensionales disponibles en el comercio. Es posible preparar las diapositivas directamente a partir de fotografías, esquemas y diagramas de revistas, textos y otras referencias, siempre y cuando sus detalles sean suficientemente intensos para que aparezcan legibles en la proyección.

Trabajo de fotografía. Una vez preparadas las planchas que se van a exponer, el equipo necesario para producir las diapositivas comprende cámara y soporte para copiar, fotómetro y lámparas (fig. 17-16). Se recomienda el uso de una cámara reflex de 35 mm, ya que este tipo de cámara posee visor a través de la lente y, por consiguiente, permite enfoque y alineamiento exactos del material que se va a fotografiar. El soporte mantiene la cámara en la posición adecuada durante el proceso de toma, reduciendo así los problemas de enfo-



Fig. 17-16. Para la toma de diapositivas se recomienda el uso de un fotómetro y de una cámara reflex de 35 mm.



Fig. 17-17. Las planchas y demás material se pueden reproducir fácilmente con la ayuda de un soporte para la cámara, el cual asegura la estabilidad de ésta.

que y movilidad de la cámara (fig. 17-17); en muchos casos, sin embargo, se puede sostener la cámara en la mano. Si todas las planchas se dibujan con el mismo formato, la cámara puede permanecer en la misma posición durante todo el proceso de fotografía. Cuando las diapositivas se toman en recintos cerrados, es necesario aplicar la iluminación apropiada para el tipo de película que se emplee. El nivel de iluminación debe comprobarse con un fotómetro. Cuando el tiempo lo permite, es posible realizar el trabajo de copia en condiciones naturales de iluminación, es decir, sin necesidad de lámparas auxiliares. Las ilustraciones pequeñas, especialmente aquellas tomadas de libros, que resultan inconvenientes para su copia regular, pueden fotografiarse empleando lentes especiales de amplificación, de tal manera que llenen el área de la diapositiva.

Las diapositivas, reveladas y montadas, deben examinarse y ordenarse con anterioridad a la presentación para determinar su calidad (fig. 17-18). Si la información de una diapositiva se va a emplear en más de una ocasión durante la presentación, se deben preparar duplicados, en vez de intentar volver a una diapositiva expuesta previamente. Las diapositivas de mala calidad se deben desechar y, en su lugar, elaborar una nueva con el fin de reducir la posibilidad de distracción durante su exposición. Las monturas de las diapositivas deben

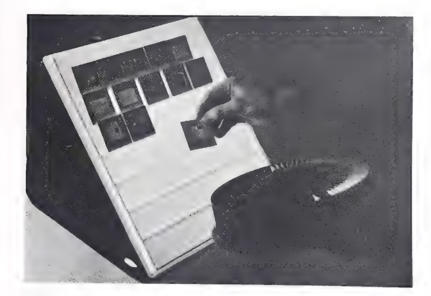


Fig. 17-18. Las diapositivas deben ordenarse en la secuencia apropiada antes de montarlas en el cargador.

numerarse en su secuencia definitiva de presentación.

Libreto para la exposición de diapositivas. Una presentación a base de diapositivas que deban permanecer archivadas para uso repetitivo debe poseer un libreto que sirva tanto en la presentación como en su repaso. La fig. 18-19 muestra un ejemplo de libreto para este caso.

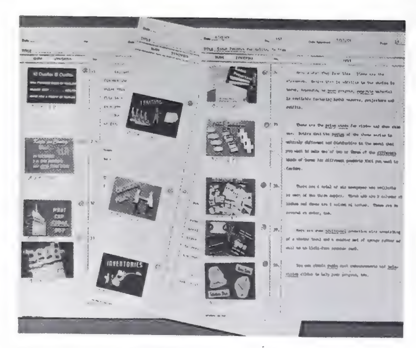


Fig. 17-19. Es indispensable elaborar un libreto para la exposición de diapositivas, especialmente cuando se trate de presentaciones importantes o repetitivas. (Cortesia de Kodak.)

El libreto se puede preparar en papel común de 21 × 28 cm, encuadernado o en una carpeta. La parte izquierda de las hojas del libreto contiene fotografías en blanco y negro de las diapositivas empleadas y la parte derecha la narración que las acompaña. No se pretende que esta narración sea leída, sino que sirva de guía para la persona que ofrece la presentación. Las fotografías le permiten al expositor tener una visión continua de la secuencia de diapositivas, con lo cual puede coordinar mejor su narración y evitar así posibles desfasajes.

El libreto puede archivarse junto con la serie de diapositivas para su uso en presentaciones posteriores, las cuales se harán con un mínimo de preparación y organización. La información necesaria está disponible e inmediatamente utilizable con un mínimo de repaso e investigación. Las series de diapositivas de este tipo se prestan para fines instructivos dirigidos al personal asociado en ciertas áreas.

17-8 TRANSPARENCIAS DE RETROPROYECCION

Este tipo de transparencias se elabora, mediante procesos térmicos o heliográficos, sobre materiales transparentes, tamaño 21 × 28 cm, montados en marcos de cartón (fig. 17-20). El papel ordinario de calcar es el material comúnmente empleado en la preparación de transparencias, ya que sirve para cualquiera de los procesos mencionados sin necesidad de equipo especial. Las copias heliográficas tomadas de libros, las fotografías o las hojas impresas por ambos lados requieren equipo adicional al heliógrafo básico.

Para asegurar buena reproducción, todo el trabajo de dibujo debe efectuarse en tinta china negra. El uso de caracteres y cintas adheribles mejoran la apariencia profesional de las planchas. Los letreros deben ser legibles (de por lo menos 6 mm de altura) y breves para que su lectura sea fácil. Las planchas definitivas, en papel de dibujo, se transfieren a las transferencias por un proceso muy parecido al de elaboración de copias heliográficas; es decir, las dos hojas se ponen en contacto y se pasan a través de un duplicador. La transparencia así obtenida se enmarca para facilitar su manejo y almacenamiento.

Superposición de transparencias de colores. El material de transferencias viene en diversos colores, de tal manera que es posible obtener efectos multicolores por superposición.

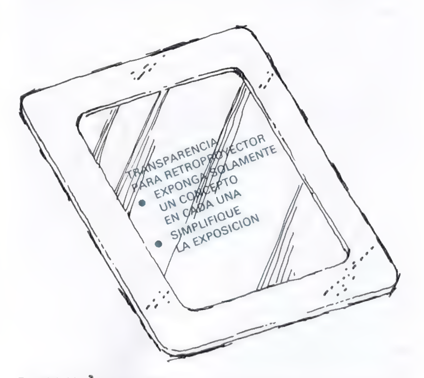


Fig. 17-20. Una transparencia para retroproyector consta de una lámina translúcida de 21 × 28 cm, montada en un marco de cartón de 25 × 30 cm. El área efectiva de proyección de la transparencia es de aproximadamente 19 × 24 cm.

A una transparencia básica se pueden agregar, en forma de cuadernillo, varias transparencias de diferentes colores, con el fin de presentar el desarrollo progresivo de una idea o problema. El trabajo de cada película superpuesta se dibuja en papel translúcido colocado sobre la plancha básica. Las áreas o líneas que serán reproducidas en un determinado color durante el proceso de duplicación se negrean con tinta china. Las marcas de posición (figura 18-21) se usan para alinear las transparencias superpuestas durante su preparación y montaje; este detalle es muy importante. Cada capa transparente debe rotularse con la identificación correspondiente para facilitar su montaje o encuadernación apropiados.

Presentación con transparencias. El retroproyector se puede ubicar en la parte de adelante del recinto, mucho más cerca de la pantalla que el proyector de diapositivas. El expositor puede estar de pie o sentado cerca del proyector, en una sala a media luz, y referirse a las transparencias mientras enfrenta al auditorio (fig. 18-22). Con un lápiz, puede señalar los puntos importantes en la transparencia mientras se proyecta en la pantalla. De la misma manera en que se emplean transparencias superpuestas para desarrollar secuencialmente una idea, es posible utilizar capas de papel opaco que oculten ciertas porciones de la imagen y concentren la atención de la audiencia en un determinado aspecto a la vez. No se debe permitir que una transparencia permanezca en la pantalla durante más tiempo de lo necesario para la presentación. En vez de esto, se debe apagar el proyector para dirigir la atención de la audiencia al orador y encenderse nuevamente cuando la atención deba volverse a la pantalla.

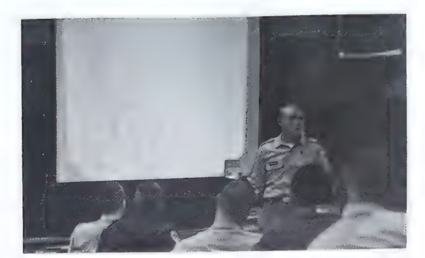


Fig. 17-22. Los retroproyectores se pueden emplear en recintos semiiluminados. El expositor enfrenta al auditorio.



Fig. 17-21. El uso de láminas de colores superpuestas aumenta el interés hacia las transparencias.

17-9 MODELOS

Los modelos se pueden emplear como medio de análisis de un diseño, según se discutió en la sección 13-9, o para presentar a decisión la solución definitiva. Un modelo es una forma excelente de comunicar el concepto final de diseño en su forma más realista. En él se pueden mostrar la configuración general y los principales elementos funcionales del diseño. Los modelos son especialmente útiles cuando se trata de explicar un concepto tridimensional a un grupo compuesto esencialmente de personas corrientes poco versadas en la interpretación de dibujos.

Un modelo a escala natural, o prototipo, ofrece la impresión más exacta del diseño definitivo (fig. 17-23). Sin embargo, en la



Fig. 17-23. El prototipo (modelo a escala natural) de un diseño es un medio altamente efectivo para presentaciones ante grupos pequeños. (Cortesía de Chrysler Corporation.)



Fig. 17-24. Este modelo a escala de un observatorio submarino se empleó para exponer el sistema estructural del aparato. (Fotografía oficial de U. S. Navy, Pacific Missile Range, Point Magu, California.)

mayoría de los casos, el modelo es de tamaño considerablemente menor. Un ejemplo es el modelo a escala del observatorio submarino Nemo, que aparece en la fig. 17-24. Este modelo a escala (el diámetro real es de 3 m) se ha construido en plástico, de tal forma que sus elementos internos y el sistema estructural son visibles. Algunas secciones removibles permiten la observación de las partes inferiores que no son visibles a simple vista.

Una de las consideraciones más importantes en la construcción de un modelo para presentación es la determinación de la escala más conveniente para el tamaño del grupo. Unos cuantos individuos congregados en una mesa de conferencia podrán estudiar eficientemente un modelo de tamaño más bien pequeño, mientras que un grupo del tipo de una clase necesitaría un modelo considerablemente mayor. En general, si un modelo ha de ser observado a más de 4 m de distancia, su tamaño debe ser de por lo menos 30 cm. El uso de diapositivas fotográficas puede complementar eficazmente la presentación de un modelo a un grupo numeroso. Una serie de tomas de cerca desde ángulos convenientes puede ayudar a proporcionar a cada miembro de la audiencia una vista clara de un modelo relativamente pequeño.

Los modelos deben ser, en lo posible, semejantes al producto final para evitar interpretaciones erróneas o confusas de parte del grupo revisor. Los elementos deben pintarse tratando de imitar la apariencia final del diseño. Los materiales del modelo deben, en lo posible, aproximar la composición general del concepto total.

La fig. 17-25 muestra un modelo empleado para la presentación de un diseño para una silla de cacería. Fue construido con los mismos materiales empleados en el diseño definitivo que aparece en la fig. 17-26. Los modelos a escala natural, o prototipos, se pueden emplear para exhibir el comportamiento del producto y sus características de diseño más importantes. Sugerencias adicionales para la construcción de modelos pueden obtenerse en el capítulo 13, en donde se trata el empleo de modelos para fines de análisis.

18-10 PREPARATIVOS PARA LA PRESENTACION ANTE UN GRUPO

Una vez que la presentación ha sido planeada, las ayudas visuales elaboradas y el material organizado, el diseño se encuentra listo para su exposición. La planeación de la presentación debe realizarse con tiempo y debe comprender consideraciones respecto a la acomodación de la audiencia, la localización de los equipos de proyección y ayudas visuales y los servicios disponibles en el recinto.

Acomodación de la audiencia. Las salas de conferencias, aulas de clase y auditorios,

en su mayoría, están dispuestos de tal manera que proporcionen buena visibilidad para las ayudas visuales que se empleen. Sin embargo, estas condiciones deben comprobarse observando el material de la presentación desde sitios claves y con anterioridad a la reunión. La fig. 17-27 indica el área de visibilidad adecuada para la presentación de diapositivas. Para transparencias de retroproyección, el área es algo más próxima a la pantalla.

Servicios. La sala en donde se efectúe la presentación debe probarse en lo concerniente a ventilación, iluminación, acústica y servicios eléctricos. Deben tomarse las precauciones del caso para efectos de control de iluminación durante la presentación, bien sea por medio de un asistente o bien de un aparato de control remoto. Es posible que se necesite equipo de amplificación de sonido cuando la sala y la audiencia sean grandes.

Localización del equipo de ayudas visuales. Todos los proyectores y demás equipo de ayuda visual deben estar localizados y enfocados antes de que llegue la audiencia. Tanto pantallas como carteles deben estar localizados en donde ofrezcan la mejor visibilidad desde cualquier posición. Los controles remotos de los proyectores de diapositivas deben estar listos para su operación y cerca de la posición del expositor.

Los cargadores de diapositivas deben estar montados sobre el proyector, listos para su operación inmediata. Las transparencias deben estar agrupadas secuencialmente cerca del retroproyector. Los carteles deben estar ya asegurados al atril y debe disponerse de un indicador para llamar la atención a puntos específicos durante la presentación.

El orador debe cuidarse de no obstaculizar la visibilidad de la audiencia mientras emplea las ayudas visuales. Se recomienda efectuar un ensayo previo con uno o varios asistentes en el área de observación, para que señalen al orador sus posibles movimientos de obstaculización. La localización y preparación cuidadosa del equipo auxiliar eliminan pérdidas de tiempo y permiten que el expositor presente el material en forma profesional.

17-11 LA PRESENTACION

El expositor debe conducir la presentación a un paso moderado; es decir, ni muy rápido ni muy despacio. La velocidad adecuada se puede determinar mediante un ensayo prelimi-

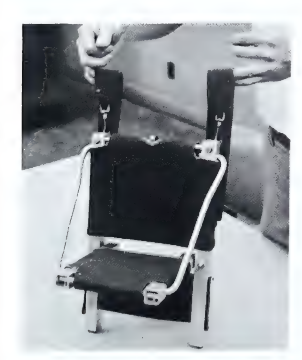


Fig. 17-25. Este modelo a escala se construyó con el fin de estudiar la factibilidad de un diseño preliminar.

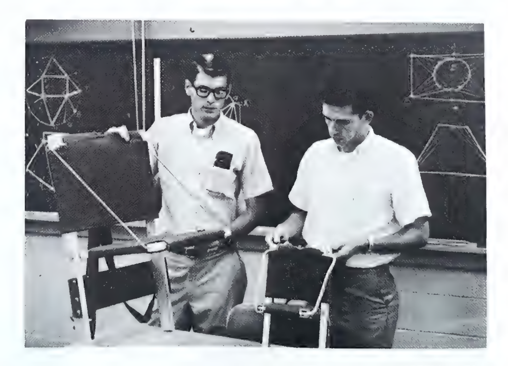


Fig. 17-26. Un modelo a escala natural se puede emplear para exhibir la funcionabilidad de un diseño.

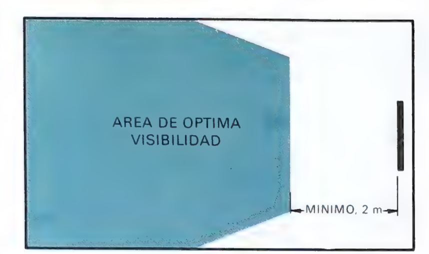


Fig. 17-27. Area de visibilidad para la presentación de diapositivas en una sala de tamaño regular.

nar. Las ayudas visuales deben utilizarse únicamente cuando estén directamente implicadas por la narración, de tal manera que se pueda dirigir la atención de la audiencia.

Generalmente, el orador está mejor informado del proyecto que su audiencia, dado que ha estado trabajando en él desde su iniciación. El expositor deberá, entonces, familiarizar a la audiencia con los objetivos de su presentación mediante una introducción. El orden de la presentación debe seguir muy de cerca el de un informe técnico, destacando en la discusión los puntos más significativos. El orador debe mostrar sincera convicción en sus ideas, las cuales, en muchos casos, trata de vender.

Un enfoque persuasivo no debe confundirse con la engañosa técnica de ventas a presión. El expositor debe ser el primero en señalar los defectos del diseño que presenta; empero, estos defectos deben ser desvirtuados por medio de alternativas que los compensen. Ningún diseño propuesto será completamente eficiente en todos sus aspectos; el diseño óptimo será aquel que ofrezca la mejor combinación de los factores de diseño. No debe darse una presentación sometida a decisión, a menos que el diseñador esté convencido de que se trata de una solución meritoria. Las ventajas y desventajas de la propuesta deben discutirse en forma objetiva. Las recomendaciones y conclusiones deben justificarse mediante la investigación y el análisis conducidos. Si, después de un análisis exhaustivo, el diseñador cree que no está en condiciones de recomendar cierto diseño, debe exponer las razones para llegar a esta conclusión.

Al final de la presentación, generalmente se da cierto tiempo para contestar preguntas que puedan aclarar aspectos técnicos que no hayan sido comprendidos enteramente. En algunos casos es conveniente repartir copias del informe técnico a la audiencia, para que sirva de complemento a la exposición oral, y, especialmente, para que el orador pueda referirse a datos complementarios detallados. El grupo no puede interesarse en la exposición si no observa entusiasmo y erudición en el orador durante la presentación de todos los aspectos propuestos.

17-12 RESUMEN

La fase decisoria puede llegar a ser el paso más importante del proceso de diseño, dado que en esta etapa es donde se aceptan o rechazan todos los esfuerzos previos. El diseñador debe poder suministrar los fundamentos sobre los cuales se toma tal decisión. Los métodos gráficos constituyen su mejor herramienta durante la presentación de sus conceptos y recomendaciones. Los datos tabulados son muy difíciles de interpretar, a menos que se estudien detenidamente; de ahí el mérito de las gráficas empleadas para presentar datos importantes. Los esquemas, perspectivas, diagramas y fotografías son complementos lógicos de esta clase de presentaciones (figura 17-28).

La responsabilidad de la decisión puede recaer en el diseñador, en su inmediato superior o en un grupo de personas de varias especialidades. Cuando el mismo diseñador es el responsable, su tarea es la revisión de las hojas de trabajo del diseño y de los diseños preliminares perfeccionados; debe justificar su decisión por medio de la información producida durante el proceso de diseño. De hecho, se está comunicando consigo mismo. La necesidad de preparar ayudas visuales para mejorar la comunicación aumenta directamente con el número de personas comprometidas en el proceso de decisión.

Los métodos comúnmente empleados para presentar ayudas visuales son carteles, retro-



Fig. 17-28. Los esquemas son ayudas gráficas de gran utilidad; en muchos casos pueden ser más didácticos que los sistemas reales. (Cortesía de Kodak.)

proyector de transparencias, proyectores de diapositivas y modelos. Estos deben escogerse de tal manera que proporcionen los resultados más eficaces, de acuerdo con la audiencia específica. Las ayudas visuales se pueden elaborar en forma económica y poco esmerada o en forma cuidadosa y profesional, según el tipo y tamaño de la audiencia. Se recomienda acompañar la presentación de un número conveniente de ayudas de tipo económico, en vez de hacer gala de ayudas bastante elaboradas, pero insuficientes en número.

La presentación debe organizarse lo mejor que sea posible y con ayudas visuales íntimamente integradas dentro de la narración. Tanto el equipo como los servicios del recinto deben estar bien organizados y listos para su utilización inmediata; esto reduce el riesgo de confusiones. La presentación debe ser, en lo posible, concisa y breve, sin descuidar el tratamiento completo de los aspectos más importantes. La aceptación de la solución propuesta en esta etapa conducirá al paso final del proceso de diseño, o sea, su realización. Esto se estudiará en el capítulo 18, donde se trata el método de preparación de los planos de trabajo empleados para producir un diseño en su forma definitiva.

PROBLEMAS

Simulación en clase

La importancia de la organización cuidadosa de una presentación en la etapa decisoria del proceso de diseño puede comprenderse cabalmente, pasando por la experiencia de ofrecer una presentación real. Un buen proyecto de ingeniería puede convertirse en un desperdicio de trabajo si sus descubrimientos o ideas no se presentan en forma aceptable ante las personas responsables de la aprobación de su desarrollo posterior. La labor del ingeniero no termina con la solución del problema; esta solución debe ser aprobada antes de que se pueda llevar a cabo.

Los estudiantes de una clase se pueden dividir en grupos que compitan entre sí en el desarrollo de la mejor solución de un problema dado. En el capítulo 20 se presentan ejemplos de problemas apropiados como proyectos de clase. Una vez resuelto el problema, cada grupo organizará su presentación ante el resto de la clase. Las exposiciones deben emplear las técnicas visuales presentadas en este capítulo para ilustrar el informe oral. Las presentaciones deben efectuarse en menos de diez minutos, permitiéndose, además, una sesión de preguntas y respuestas de cinco minutos. Durante este tiempo se discutirán puntos específicos del diseño presentado.

Los miembros de la clase deberán calificar cada presentación, mediante una lista de méritos y flaquezas, a manera de crítica constructiva para el grupo expositor. La clase se beneficiará compartiendo las diferentes formas de tratar el problema y observando las ventajas de las diferentes técnicas empleadas para transmitir información a un grupo.

Este tipo de presentación se puede emplear en la exposición del proyecto semestral de toda una clase ante un grupo de ingenieros practicantes, quienes están en capacidad de

evaluar los informes orales desde su punto de vista. Esta práctica suministra al estudiante cierta experiencia en la organización y presentación de informes orales ante un grupo revisor. En lugar de escoger un determinado individuo que los represente, todos los miembros de cada grupo deben participar en la presentación final.

1. Prepare un formulario que se pueda emplear para evaluar la presentación oral de sus condiscípulos. Enumere los elementos importantes que deben tenerse en cuenta y determine el valor relativo que se pueda asignar a cada uno. El formato debe ser sencillo, pero suficiente para que se lo pueda considerar provechoso para el mejoramiento de sus técnicas de presentación. Idee el método de tabulación de esta evaluación y presente la hoja de calificación en tal forma que pueda emplearse en una presentación de clase.

2. Elabore una serie de tarjetas empleadas para organizar una presentación de menos de cinco minutos a base de carteles. El tema de la exposición puede ser el que usted escoja o el que le sea asignado por el instructor. Algunos ejemplos de temas son: sus planes profesionales para los dos primeros años después de graduarse; el papel de esta asignatura dentro de su programa académico total; la importancia de la comunicación eficaz; la identificación de una necesidad para un proyecto de diseño que usted propone; una comparación entre la profesión de ingeniería y otra de su elección.

3. Elabore ayudas gráficas para una presentación oral, empleando los métodos y materiales sugeridos en este capítulo. El problema tiene por objeto que usted se familiarice con esas técnicas.

4. Empleando una técnica escogida libremente o asignada por el instructor y utilizando las tarjetas del problema 2, prepare una charla de cinco minutos. Este informe oral será presentado a toda la clase.

5. Suponga que usted es el ingeniero encargado de representar a su compañía en la presentación de una propuesta de la cual depende un contrato cuantioso. Haga una lista de las instrucciones que debería dar a sus asistentes para coordinar los preparativos de su presentación ante un grupo de 20 personas cuya especialidad varía desde banqueros hasta ingenieros. El tema no es tan importante como el método de presentación, dado que la mayoría de los temas exigen casi la misma preparación. Por consiguiente, emplee el tema que usted quiera, uno asignado por su instructor o uno de los sugeridos en el problema 2. Sus instrucciones deben reseñar los materiales que necesita, el método de elaboración de las ayudas gráficas, su número, el método de presentación o proyección, la asistencia necesaria en la presentación del material, acomodación de personas y demás factores. Sus planes deben considerar todo el programa de una presentación ideal para un tiempo que usted considere conveniente.

6. Elabore un modelo que se pueda emplear eficazmente para comunicar un principio de dibujo a sus compañeros de clase, y que pueda utilizarse para fines didácticos. Exponga el modelo en clase.

7. Prepare una serie de diapositivas del modelo construido en el problema 6 y sométala a evaluación en clase.

8. Prepare el manuscrito o libreto para la presentación de las diapositivas desarrolladas en el problema 7. Preséntelo debidamente empastado.

9. Elabore una transparencia de retroproyección que ilustre un principio de geometría descriptiva. Utilice placas superpuestas para presentar el problema en forma secuencial. Demuestre ante la clase el uso de esta transparencia.

18 REALIZACION



18-1 GENERALIDADES

Una vez que el proceso de diseño ha pasado por cada uno de los pasos sucesivos vistos en los capítulos anteriores, el diseño está listo para su realización (fig. 18-1). La realización es la fase del proceso de diseño en la cual el diseñador materializa su idea, ya sea una pieza, un mecanismo o un sistema complicado. La fase previa del proceso tuvo relación con la identificación, estudio, síntesis, análisis y selección de la mejor solución. El proceso total, que representa una gran porción del trabajo en ingeniería, comprende varias disciplinas y áreas de estudio aplicadas a las necesidades específicas del proyecto. Los métodos gráficos son esenciales en cada paso del proceso de diseño.

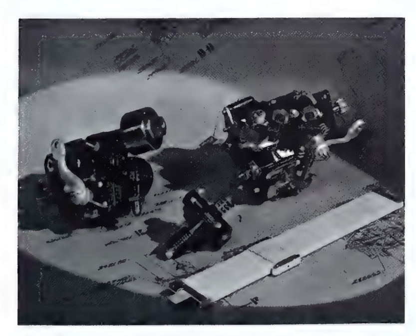


Fig. 18-1. Realización desde el dibujo al producto. (Cortesía de Bendix Corporation.)

Los métodos gráficos son especialmente importantes durante los pasos iniciales de la realización, puesto que todos los productos o sistemas se construyen con base en *planos de ingeniería o planos de fabricación*. Los planos de este tipo describen cada parte en detalle, incluyendo todas sus especificaciones y dimensiones. Los planos de fabricación generalmente son muy extensos y constan de muchas hojas separadas en las cuales se incluyen notas y dimensiones. Un plano de fabricación generalmente utiliza la proyección ortogonal, como se trató en el capítulo 5. Aunque en ese capítulo se estudiaron los métodos gráficos para representar un objeto, no se hizo referencia alguna a las técnicas de acotado. Esta área del dibujo de ingeniería será la que se trate en este capítulo. Los métodos de representación tridimensional y los esquemas también se pueden emplear ventajosamente en la preparación de planos de fabricación, para complementar vistas ortogonales convencionales o, en algunos casos, para reemplazarlos.

Una necesidad crecientemente importante de los planos es el hecho de que las dimensio-

nes y tamaños deben estar dentro de una zona específica de tolerancia, para asegurar que las partes por construir ensamblen perfectamente con las correspondientes partes que han podido ser construidas en otro sitio. Esta área especializada del acotado se llama *tolerancia*, y se tratará extensamente en este capítulo.

Las partes normalizadas, tales como tuercas y tornillos, retenedores roscados, arandelas, chavetas y otros accesorios, se repasarán en relación con los planos de ingeniería y sus especificaciones apropiadas. Se encuentran tablas (ver los apéndices) que capacitan al ingeniero para dar las especificaciones con base en las normas más recientes. Se da importancia a los métodos simplificados de representación, que economizan tiempo de dibujo.

Se darán ejemplos de planos de fabricación y algunas de sus aplicaciones especiales. En su gran mayoría, los planos de fabricación de este capítulo estarán íntimamente relacionados con la presentación de piezas de maquinaria, puesto que el conocimiento de éstas es fundamental y se adapta fácilmente a otros productos o sistemas. Es extremadamente importante el hecho de que todos los planos de fabricación y todos los detalles utilizados para la realización de un diseño estén de acuerdo con las normas universalmente aceptadas. En consecuencia, las técnicas sugeridas en este libro para utilizar en la preparación de planos de fabricación se han adaptado de *United States of America Standards Institute* (USASI).

La gran mayoría de los planos normalizados de ingeniería desarrollados por las diferentes compañías o agencias está aproximadamente cuando no enteramente, relacionada con estas normas.

Los planos para realizar un diseño son preparados por ingenieros, técnicos y dibujantes. Gran parte de este trabajo es de rutina y puede ser ejecutado por el dibujante con un mínimo de supervisión. Otros planos más complicados son preparados o supervisados por técnicos que han sido entrenados en alguna especialidad. En casi todos los casos, el ingeniero debe dirigir la preparación de los planos de ingeniería y especificar las dimensiones importantes y las tolerancias. Gran parte de este trabajo de ingeniería puede hacerse por medio de bosquejos y notas que comuniquen sus pensamientos a su equipo de dibujantes. Los planos definitivos deberán ser revisados exhaustivamente por este equipo, pero el ingeniero será el responsable de las correcciones.

La preparación de los planos de fabricación es una función casi totalmente gráfica. Los planos de fabricación definitivos pueden ser producidos por computadora, asignados a un dibujante o, en el caso de planos sencillos, pueden ser hechos a mano alzada. Este paso del proceso de diseño es el de menor creatividad, puesto que únicamente tiene que ver con los detalles que aseguren que el diseño final sea lo más completo posible. Mucha gente comete el error de creer que esta forma de trabajo gráfico es la principal aplicación de los métodos gráficos a la ingeniería, probablemente debido a que los planos se usan ampliamente durante esta etapa. Sin embargo, se sabe que los pasos creativos del diseño preceden a la preparación de los planos definitivos.

En este capítulo se tratarán las siguientes áreas de la realización: (1) acotado; (2) tolerancias; (3) retenedores y partes normalizadas y (4) aplicaciones especiales. Se hará referencia a normas y fuentes adicionales para quien desee hacer un estudio más detallado de este amplio campo.

18-2 NOMENCLATURA DEL ACOTADO

Los siguientes términos se usan en el acotado para facilitar la interpretación. Para identificar estos términos, véase la fig. 18-2.

Las *líneas de cota* son líneas a las cuales se intercalan números cerca de sus puntos medios. Los números indican la longitud de la parte que se está acotando. En cada extremo de la línea de cota se coloca una flecha de cota. Las líneas de cota son líneas delgadas. Dibújelas con un lápiz duro (2H-4H).

Las *líneas de extensión* son líneas que se prolongan desde una vista de un objeto, con el propósito de acotar una medida fuera del

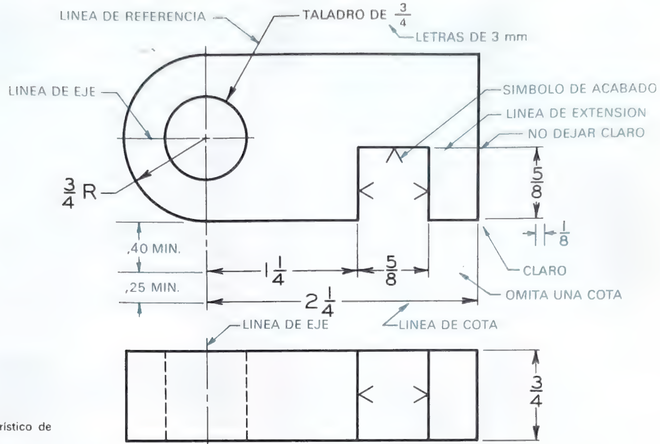


Fig. 18-2. Plano característico de detalles con cotas y notas.

área del objeto. Las flechas de las líneas de cota terminan sobre estas líneas. Las líneas de extensión no deben tocar la vista a partir de la cual se extienden, sino que se debe dejar un claro entre el objeto y la línea. Empléese un lápiz 2H-4H.

Las *líneas de eje* son líneas delgadas que localizan la línea de centro de partes cilíndricas, tales como agujeros cilíndricos. Véase la figura 18-2 para comprender cómo las líneas de eje se aplican a las vistas circular y rectangular de un cilindro. Use un lápiz 2H-4H.

Las *líneas de referencia* son líneas trazadas desde una nota para indicar la característica a la cual se aplica ésta. Un ejemplo es la nota TALADRO DE 3/4, de la fig. 18-2. Las líneas de referencia son líneas delgadas de igual grueso que las de cota y las de extensión. Empléese un lápiz 2H-4H.

Las *flechas de cota* se usan en los extremos de las líneas de cota y de referencia para indicar su punto final. La longitud de la flecha es igual a la altura de los números y letras empleados en el dibujo. En muchos casos es 1/8". En la fig. 18-3 se muestran dos métodos para dibujar flechas. La flecha, en su parte más ancha, tiene una amplitud igual a un tercio de su longitud; se dibuja en dos trazos con un lápiz F o HB. Estos trazos deben tratar de llenar y negrear la flecha.

Las *cifras de cota* son muy importantes en el acotado de un dibujo, ya que estos números especifican las dimensiones de las partes. Si éstos se escriben deficientemente y son difíciles de interpretar, el plano no es efectivo. Las cifras deben hacerse de acuerdo con las técnicas de rotulado vistas en el capítulo 5.

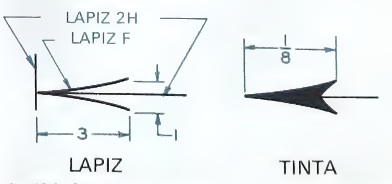


Fig. 18-3. Cabeza de flecha de cota.

La fig. 18-2 ilustra las reglas generales del acotado. En esta figura hay notas para mostrar la colocación y el espaciado de las líneas de cota.

18-3 UNIDADES DE MEDIDA

Sistema inglés. Las normas corrientes recomiendan que las unidades de cota sean decimales de pulgada, puesto que éstos son más fáciles de multiplicar, dividir y sumar que las fracciones comunes. Sin embargo, se pueden utilizar fracciones comunes.

En la fig. 18-4A y B se comparan, respectivamente, las fracciones comunes y los decimales. Para los valores menores de uno, no se emplean ceros antes de la coma decimal. Todas las fracciones deben tener el mismo número de cifras decimales a la derecha de la coma decimal, aun cuando los últimos dígitos sean ceros. Dibuje la coma decimal densa y oscura, de tal forma que no se le pueda pasar por alto.

Todas las cotas se dan en pulgadas, a no ser que las medidas excedan los seis pies. Puesto que se sobreentiende que todas las cotas menores de seis pies, están en pulgadas, el símbolo de pulgadas se omite. Cuando las cotas son mayores de seis pies debe colocarse el símbolo de pies, pero el de pulgadas se omite. Ejemplo: 12′-5. Algunas industrias utilizan pulgadas para todas las dimensiones, aun cuando éstas sean mayores de seis pies.

Sistema métrico. El sistema métrico es el sistema de medidas más ampliamente usado en el mundo, con la excepción de los Estados Unidos, Inglaterra y otros pocos países que utilizan el sistema de pulgadas, pies, yardas, etcétera. El sistema inglés es menos funcional que el métrico, debido a la dificultad para convertir pulgadas a pies o éstos a yardas. El método actual de emplear pulgadas y sus fracciones decimales es un compromiso para facilitar el trabajo matemático con estas unidades. Sin embargo, es probable que el sistema métrico sea adoptado también como sistema universal, aun en los Estados Unidos. En los Apéndices 3 y 4 se dan tablas para la conversión de pulgadas a milímetros y viceversa. Un milímetro es igual a 0,03937 pulgadas y un metro es igual a 39,370 pulgadas.

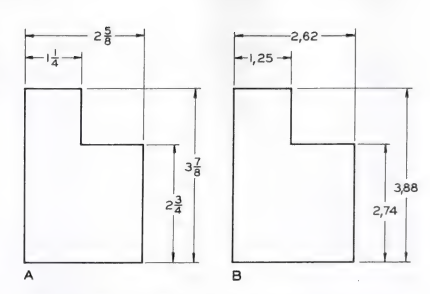


Fig. 18-4. Las fracciones comunes, A, o decimales, B, pueden emplearse como unidades para acotar un objeto, pero se prefieren las decimales.

18-4 ACOTADO ALINEADO Y UNIDIRECCIONAL

Los dos métodos para colocar las cifras de cota en una línea de cota son el *alineado* y el *unidireccional*. El sistema unidireccional ha ganado mayor aceptación, puesto que es fácil colocar las cifras a un dibujo para que puedan ser leídas desde la parte inferior de la hoja, independientemente de la dirección de las líneas de cota (fig. 18-5B). En este

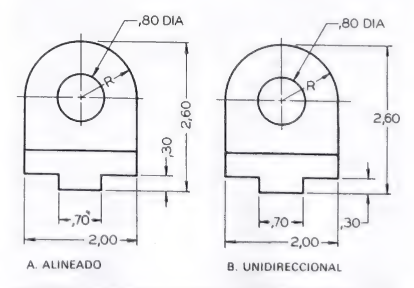


Fig. 18-5. Comparación de un dibujo con acotado alineado y acotado unidireccional.

sistema es también más fácil dibujar las líneas de guía que en el sistema alineado.

En el sistema alineado, como su nombre lo indica, las cifras de cota se colocan en la misma dirección de las líneas de cota (figura 18-5A). Siempre debe ser posible leer las cantidades desde abajo o desde el lado derecho de la hoja. Cuando se usa el sistema alineado, las cifras no se deben colocar en el espacio que en la fig. 18-6 se llama *zona problema*, puesto que en esta área las cotas se deberían leer desde la izquierda y no desde la derecha de la hoja.

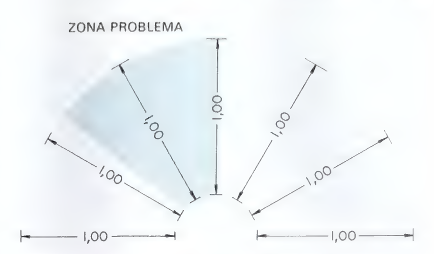


Fig. 18-6. Las cifras de cota alineadas deben colocarse de manera que se lean desde la derecha y desde la parte inferior de la hoja. Evite colocarlas en la zona problema.

18-5 COLOCACION DE COTAS

En los siguientes ejemplos se ilustra la correcta aplicación de las reglas de acotado haciendo contraste con la aplicación mediocre de las mismas.

La parte de la fig. 18-7A está correctamente acotada con una cota total y dos parciales. Cuando se presenta una serie de cotas se omite una de ellas, puesto que la cota total la determina. Para facilidad de lectura es un buen sistema el colocar todas las cotas al mismo lado del dibujo. Las cotas parciales deben colocarse alineadas, y no escalonadas como aparecen en la fig. 18-7B.

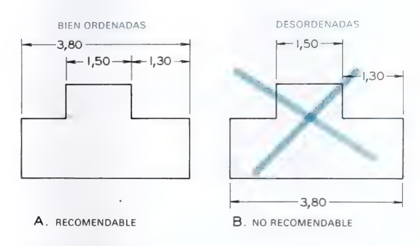


Fig. 18-7. Las líneas de cota deben agruparse lógicamente, A, para que el dibujo sea más fácil de interpretar; no deben colocarse dispersas como se muestra en B.

Obsérvese que en la fig. 18-8A se ha omitido una cota, puesto que ésta puede averiguarse por diferencia con la cota total. Se permite mostrar la cota oculta si se coloca después de ésta la abreviación REF para indicar que es una cota de referencia; es decir, la cota menos importante. El dar las cotas de referencia disminuye la posibilidad de error por equivocaciones aritméticas del personal de planta.

En lo posible, las líneas de cota deberán colocarse fuera del objeto. Una línea de cota no puede emplearse como línea de extensión (ver la fig. 18-9B). Al acotar ángulos, deben emplearse líneas de extensión para evitar la colocación de las líneas de cota dentro de la característica angular (fig. 18-9C y D).

Las líneas de extensión se dibujan a partir de la vista que se está acotando, dejando un claro entre la vista y la línea de extensión.

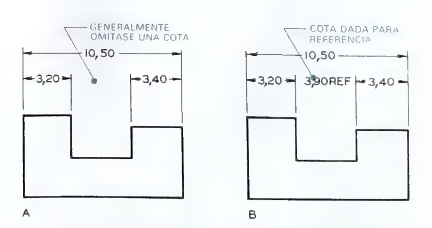
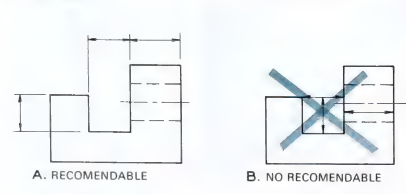
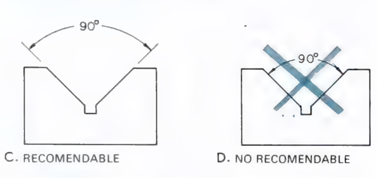


Fig. 18-8. Omisión de una cota intermedia. Cuando se dan todas las cotas, a una de ellas debe adjuntársele REF para mostrar que es sólo de referencia.

FIG. 18-9



Es preferible colocar las cotas fuera de la parte y no utilizar otras líneas de cota como líneas de extensión.



Coloque las cotas angulares fuera del ángulo que se está acotando, como se muestra en C, en vez de colocarlas dentro, como se muestra en D.

Las líneas de extensión pueden cortarse con otras líneas de extensión o con las del objeto (fig. 18-10); cuando sucede esto, no se dejan claros en los puntos de cruce.

Las líneas de extensión también se emplean para localizar puntos teóricos exteriores a curvas irregulares.

18-6 ACOTADO EN ESPACIOS LIMITADOS

Muchas partes tienen características muy pequeñas que no dejan el espacio suficiente para la colocación de las cotas o flechas de cota. En la fig. 18-12 se muestran algunos ejemplos de acotado en espacios limitados. Independientemente de las limitaciones de espacio, el tamaño de los números debe ser el mismo empleado en el resto del plano.

Frecuentemente, en una serie de líneas de cota, éstas se colocan muy juntas entre sí. En este caso (fig. 18-13), un buen método es colocar las cifras de cota en zigzag para facilitar su lectura.

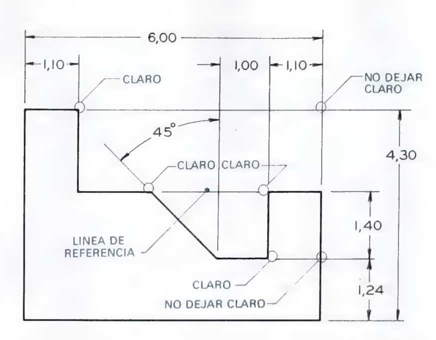


Fig. 18-10. En las líneas de extensión que parten de un vértice debe dejarse un pequeño claro. No se deben dejar claros cuando cortan líneas del objeto u otras líneas de extensión. Obsérvese que se ha utilizado una línea de referencia para mostrar que dos planos de la pieza están alineados.

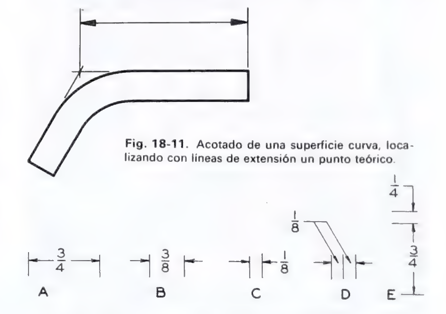


Fig. 18-11. Acotado de una superficie curva, localizando con líneas de extensión un punto teórico.

Fig. 18-12. Colocación de cotas en espacios limitados.

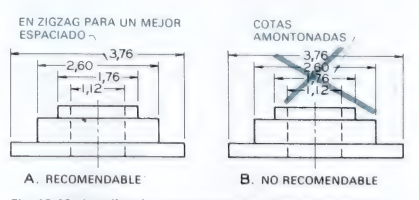
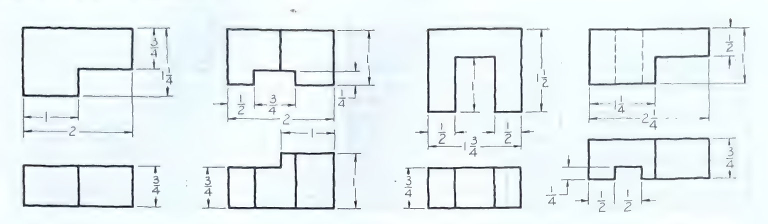


Fig. 18-13. Las cifras de cota amontonadas deben colocarse en zigzag para dejar un espacio mayor entre ellas.

FIG. 18-14. ACOTADO DE PRISMAS



A. Las cotas deben colocarse en la vista más descriptiva y entre las vistas a las cuales se aplican.

B. No se da una cota intermedia. Las líneas de extensión pueden cruzar las del objeto.

C. Se permite acotar una ranura por dentro del objeto, si esto da más claridad.

D. En cuanto sea posible, las cotas deberán corresponder a líneas visibles y no a invisibles.

18-7 ACOTADO DE PRISMAS

El elemento básico del diseño es el prisma que, cuando se reduce a su forma más simple, no es más que un bloque. En la fig. 18-14 se acotan varios prismas para ilustrar las reglas generales de acotado. Estas reglas se aplican tanto al bosquejado a mano alzada como al dibujo con instrumentos.

1. Las cotas se deben colocar en la vista más descriptiva (fig. 18-14A).
2. Las cotas que se aplican a dos vistas adyacentes deben colocarse entre las vistas (fig. 18-14A).
3. La primera línea de cota debe colocarse a un mínimo de 0,4'' ($^3/_8$'') del objeto. Las siguientes deberán estar separadas entre sí por lo menos 0,25'' ($^1/_4$'').
4. Las líneas de extensión pueden cortarse, pero las de cota no deben cruzar ninguna otra línea, a no ser que esto sea absolutamente necesario.
5. Para acotar cada medida en su vista más característica se pueden colocar cotas en más de una vista (fig. 18-14B).
6. En el caso de ranuras, se puede obtener mayor claridad colocando la línea de cota dentro de la ranura (fig. 18-14C).
7. En cuanto sea posible, las cotas deberán corresponder a líneas visibles, y no a invisibles (fig. 18-14D).
8. Las cotas no deben repetirse, ya que sólo suministran información innecesaria.

En la fig. 18-15 se muestran ejemplos de acotado de prismas dibujados con instrumentos. Se han omitido las cifras de cota, ya que el propósito de esta figura es el de ilustrar la colocación de las líneas de cota.

18-8 ACOTADO DE ANGULOS

Los ángulos se pueden acotar, bien sea con cotas angulares o mediante coordenadas que localicen los extremos de las líneas o planos que forman el ángulo. En la fig. 18-16A se acota una parte por medio de cotas angulares. Cuando se emplea este método, es necesario situar, mediante una cota, el vértice del ángulo.

En la fig. 18-16B se utilizan coordenadas para localizar los extremos de cada uno de los planos inclinados. Este método es más exacto que el de cotas angulares.

En el acotado de un mismo ángulo no deberán mezclarse estos dos métodos para acotar ángulos; sólo deberá usarse uno de los dos para evitar discrepancias de medición.

Las unidades de las cotas angulares son grados, minutos y segundos, como se muestra en la fig. 18-17. Obsérvese que en la figura 18-17A aparecen dos cotas angulares para representar las magnitudes máxima y mínima

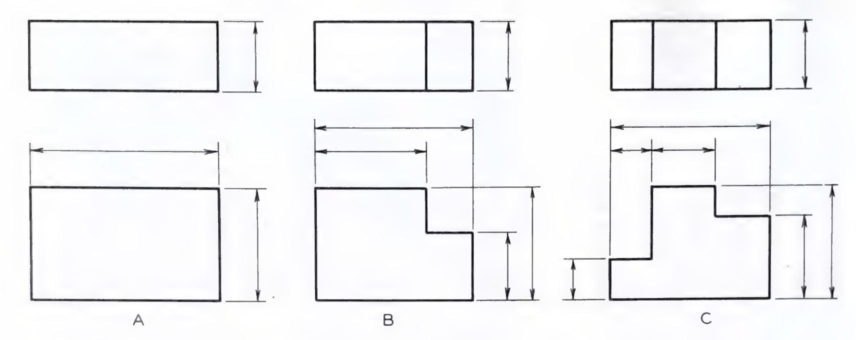


Fig. 18-15. Colocación de cotas en prismas simples. Se han omitido las cifras de cota.

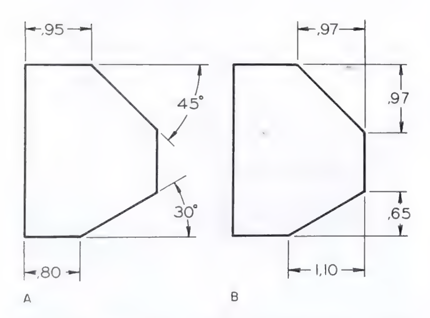


Fig.18-16. Dos métodos permitidos para acotar ángulos. (A) cotas angulares, (B) coordenadas.

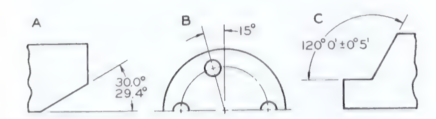


Fig. 18-17. Las unidades de medición de ángulos son los grados y sus fracciones decimales (A), o grados, minutos y segundos (C).

permisibles por tolerancias; las cotas angulares se dan en fracciones decimales de grado. En la fig. 18-17B no se han empleado fracciones de grado, mientras que en la fig. 18-17C aparece una cota en grados y minutos, a la cual se ha permitido una tolerancia de más o menos 5 minutos (mayor o menor de 120°).

18-9 ERRORES COMUNES DE ACOTADO

La fig. 18-18A ilustra algunos de los errores más comunes cometidos al acotar y colocar las cotas. Recuérdese: en cuanto sea posible, las líneas de cota no deberán cortar líneas de cualquier otro tipo. Además, *no* se deberán amontonar notas y números. La fig. 18-18B ilustra la manera apropiada de aplicar las cotas al objeto mostrado en la parte A de la figura.

El lector debe familiarizarse completamente con los errores mostrados en la parte A para no cometerlos jamás.

18-10 ACOTADO DE CILINDROS

Gran cantidad de dibujos incluyen cilindros, representados ya sea como sólidos o como huecos cilíndricos. En la fig. 18-19A se muestra la forma más simple de un cilindro. El

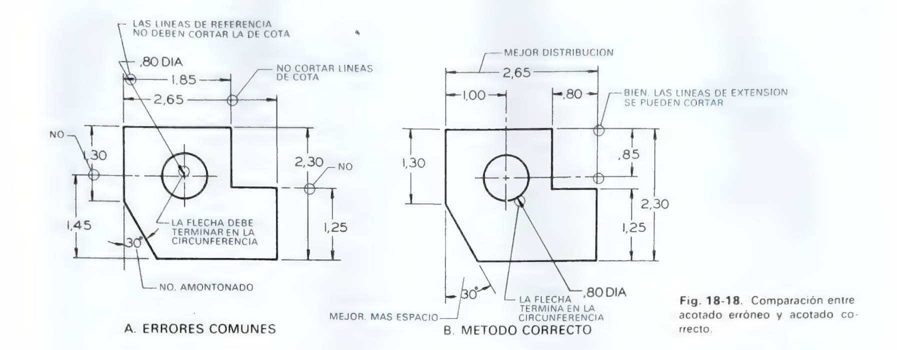


Fig. 18-18. Comparación entre acotado erróneo y acotado correcto.

cilindro se acota completamente en su vista rectangular; nótese que se acota el diámetro y no el radio, ya que es más fácil medir un diámetro que un radio. Las cotas están colocadas entre las vistas para asociarlas fácilmente a ellas.

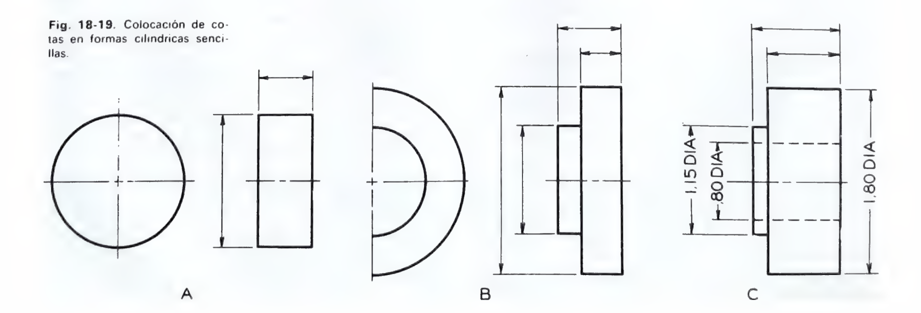
Cuando una parte está formada por varios cilindros concéntricos, cada cilindro se acota con un diámetro, comenzando por el cilindro menor (fig. 18-19B). Estas cotas se localizan en la vista rectangular. Una parte cilíndrica se puede acotar en una sola vista si en la vista rectangular después de la cota del diámetro se añade la abreviatura DIA.

18-11 MEDICION DE PARTES CILINDRICAS

Las partes cilíndricas se acotan con diámetros, en vez de radios, debido a que los diámetros son más fáciles de medir. Un agujero cilíndrico se mide con un *micrómetro para interiores* que tiene un dispositivo de medición que da mayor exactitud de la medida (fig. 18-20).

Para medir el diámetro *exterior* de una parte, se puede usar el calibrador pie de rey (figura 18-21). El hecho de escoger como cota el diámetro, en vez del radio, permite la medición del mismo durante el maquinado, cuando la pieza está sostenida entre puntos del torno.

Fig. 18-19. Colocación de cotas en formas cilíndricas sencillas.



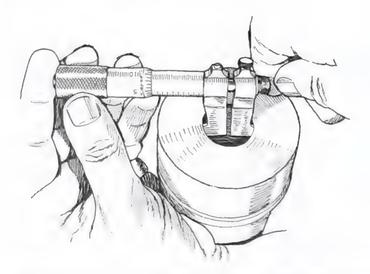


Fig. 18-20. Para medir diámetros interiores de cilindros se usa un micrómetro.

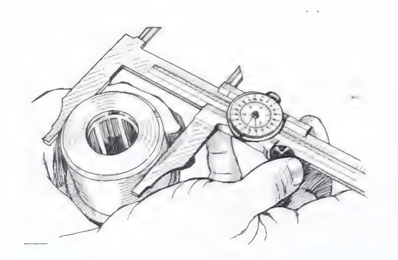


Fig. 18-21. Calibrador pie de rey con carátula acoplada, usado para medir el diámetro de un cilindro.

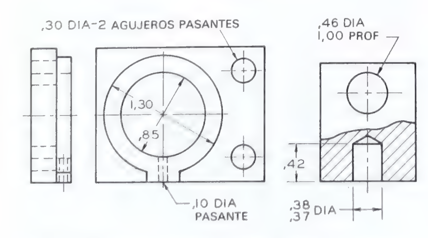


Fig. 18-22. Métodos permitidos de acotar huecos cilíndricos y formas cilíndricas.

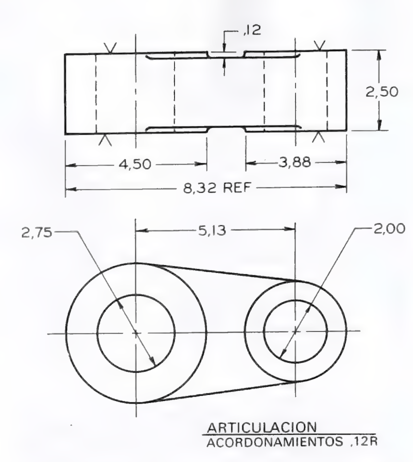


Fig. 18-23. Ejemplo de acotado de una parte constituida por formas cilíndricas.

18-12 HUECOS CILINDRICOS

De acuerdo con el tipo de dibujo y espacio disponible, los huecos cilíndricos se pueden acotar por uno de los métodos que se muestran en la fig. 18-22. Cuando se acota un círculo completo, siempre se debe hacer con su diámetro. El método preferido es el de dibujar una línea de referencia en la vista circular y, a continuación, colocar la cota seguida de la abreviación DIA para indicar que ésta corresponde a un diámetro. Algunas veces se añade la nota TALADRAR o BARRENAR, para especificar el proceso de fabricación, aunque las normas admitidas sugieren usar únicamente DIA. Cuando las líneas de cota se trazan en la vista circular de manera que es obvio que la cota corresponde a un diámetro, se omite la nota DIA.

En la fig. 18-23, para ilustrar los métodos de acotado, se acota, tanto en la vista circular como en la rectangular, una parte que incluye formas cilíndricas.

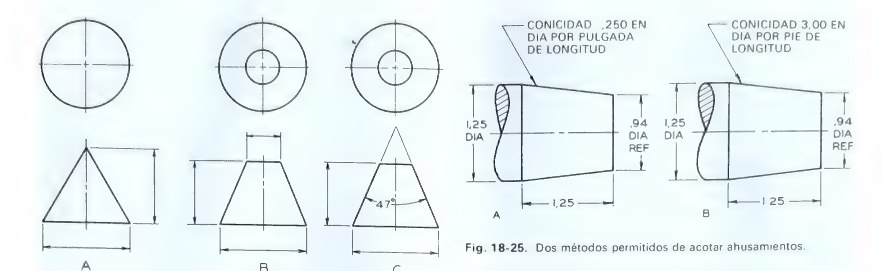


Fig. 18-24. Acotado de formas cónicas.

Fig. 18-25. Dos métodos permitidos de acotar ahusamientos.

18-13 ACOTADO DE CONOS

En la fig. 18-24 se muestran los métodos para acotar conos y conos truncados (conos a los cuales se les ha removido una porción). En las partes A y B de la figura se han acotado la altura y el diámetro de los conos en las vistas triangular y trapezoidal. El diámetro de la base se ha colocado en el lado más abajo de la vista de frente, ya que esta colocación permite que las líneas de extensión sean más cortas y da una más directa asociación con la vista.

En la parte C se muestra otro método para acotar conos, dando la base y las cotas angulares del cono. Todos estos métodos son permitidos.

Los ahusamientos pueden ser cónicos o piramidales. En la fig. 18-25 se dan ejemplos de ahusamientos cónicos. El ahusamiento se puede dar en unidades de conicidad por milímetro o por metro.

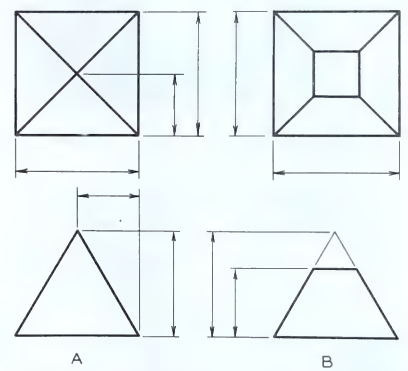


Fig. 18-26. Acotado de pirámides.

18-14 ACOTADO DE PIRAMIDES

La pirámide de la fig. 18-26A se acota de manera que en la vista de arriba se dé el tamaño de la base y la localización del vértice. La altura y la otra cota de localización del vértice se dan en la vista de frente. Cuando el vértice se localiza con cotas, se supone

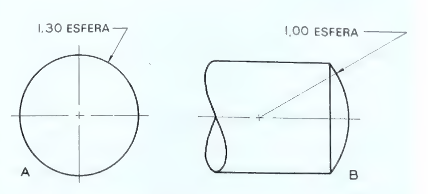


Fig. 18-27. Métodos de acotar esferas y partes de esferas.

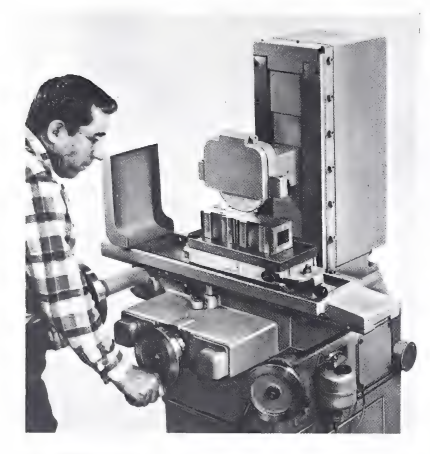


Fig. 18-28. Acabado superficial por esmerilado. (Cortesía de Clausing Corporation.)

que la pirámide es una pirámide recta con su altura perpendicular a la base en el punto medio.

En la fig. 18-26B se muestra un método alterno para acotar una pirámide truncada.

18-15 ACOTADO DE ESFERAS

La esfera es el elemento geométrico más fácil de acotar porque aparece como un círculo en cualquier vista. En consecuencia, sólo se necesita una vista y una nota exterior a la vista para acotarla como se muestra en la figura. 18-27A. Cuando un objeto tiene una característica que corresponde a una parte de esfera, se usa un radio y una abreviación como se muestra en la fig. 18-27C.

18-16 SUPERFICIES ACABADAS

Muchas partes se forman como fundiciones, en un molde que da a sus superficies externas un acabado con rugosidades que deben ser removidas por esmerilado, limado u otro proceso parecido, si la superficie ha sido diseñada para acoplar con otra superficie. La fig. 18-28 muestra una parte a la cual se está dando un acabado por esmerilado. Esta operación produce una superficie uniformemente lisa que permite hacer medidas más exactas.

Para indicar que una superficie debe someterse a un proceso de acabado, se utilizan los *símbolos de acabado* que se colocan en la vista de filo de la superficie (fig. 18-29). Los símbolos de acabado deben colocarse en todas las vistas en las cuales la superficie aparezca de filo, aun cuando sea como una línea invisible.

En las figs. 18-29 y 18-30 se muestran dos métodos para dibujar símbolos de acabado. El símbolo en V es el preferido. Cuando un símbolo de acabado se aplica a una perspectiva, cualquiera de los dos métodos que

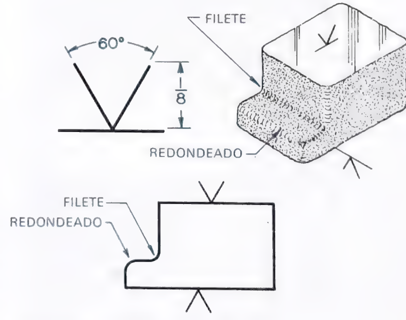


Fig. 18-29. Símbolos de acabado, filetes y redondeados.

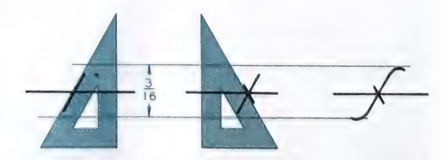


Fig. 18-30. Método alterno de dibujar los símbolos de acabado.

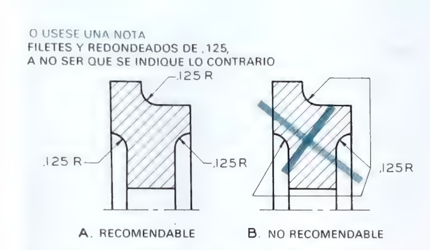


Fig. 18-31. Método de acotar filetes y redondeados.

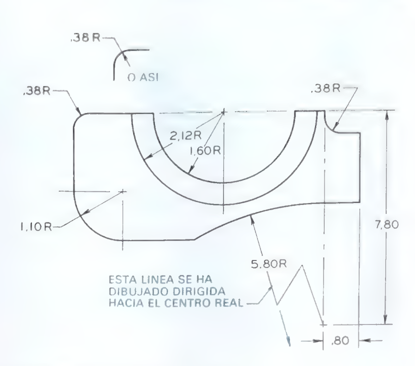


Fig. 18-32. Método de acotar arcos.

se ilustran en la fig. 18-29 es permitido. El símbolo se dibuja como si fuera perpendicular al plano de la superficie.

Cuando un objeto debe tener acabadas todas sus superficies, se debe colocar en los planos la nota A. T. para eliminar el uso de símbolos de acabado. A. T. significa «acabado total».

18-17 FILETES Y REDONDEADOS

Los filetes y redondeados son aristas desvanecidas utilizadas convencionalmente en piezas fundidas (fig. 18-29). Un filete es un desvanecido interno y un redondeado es un desvanecido externo. En un mismo plano, generalmente se usa un solo radio para filetes y redondeados.

Cuando los filetes y redondeados son del mismo radio, se debe adjuntar una nota al plano para eliminar el acotado repetitivo. La nota puede decir así: FILETES Y REDONDEADOS DE ,125 R. Si la mayoría, pero no todos los filetes y redondeados tiene igual radio, se puede usar la siguiente nota: FILETES Y REDONDEADOS DE ,25 R, A NO SER QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO. En este caso, sólo se acotan los filetes y redondeados de radio diferente y se sobreentiende que los no acotados tendrán $^1/_4$'' de radio.

En la fig. 18-31 se ilustra el método correcto para acotar filetes y redondeados. Obsérvese que, a continuación de las cotas, se ha colocado la letra R para indicar que corresponden a un radio. Lo más aceptable es que las líneas de referencia estén cerca de los filetes y redondeados, para eliminar las líneas de referencia largas y confusas que se muestran en la parte B de la figura.

18-18 ACOTADO DE ARCOS

Cuando piezas cilíndricas o circulares son parte de un círculo, se acotan con una línea de cota radial que debe pasar por el centro del círculo o mediante una nota (fig. 18-32). Cuando el espacio lo permita, la cifra de cota deberá colocarse entre el centro y el arco, adjuntando la letra R a la derecha de ésta. Cuando el espacio no lo permite, la cota se puede colocar en una de las posiciones ilustradas en la figura. Sin embargo, en todos los casos, la flecha de cota toca el arco que se está acotando, ya sea desde el interior o desde el exterior.

Cuando el radio de un arco es muy largo, en el dibujo acotado puede aparecer un radio menor que el real, como sucede en la cota 5,80 R de la fig. 18-32. Para indicar que un

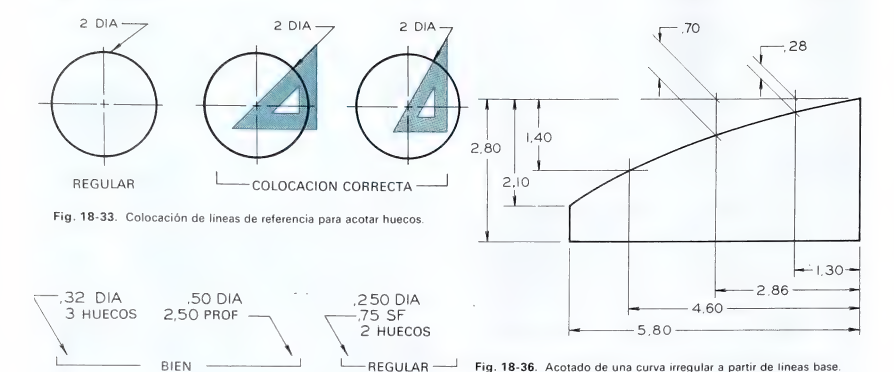


Fig. 18-33. Colocación de lineas de referencia para acotar huecos.

Fig. 18-36. Acotado de una curva irregular a partir de lineas base.

Fig. 18-34. Colocación de notas mediante lineas de referencia. Las lineas de referencia deben empezar con un segmento horizontal a la izquierda de la primera palabra o a la derecha de la última.

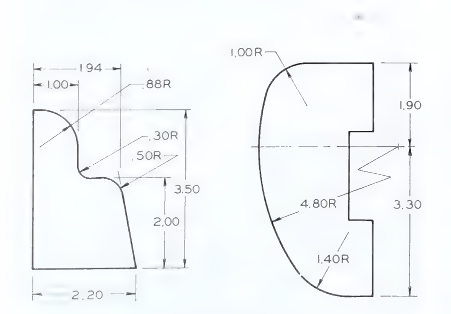


Fig. 18-35. Acotado de partes formados por arcos.

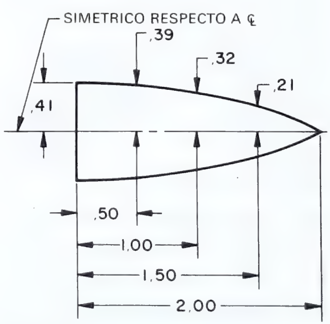
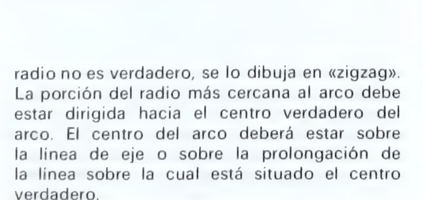


Fig. 18-37. Acotado de una curva simétrica respecto a su linea central y una linea base.

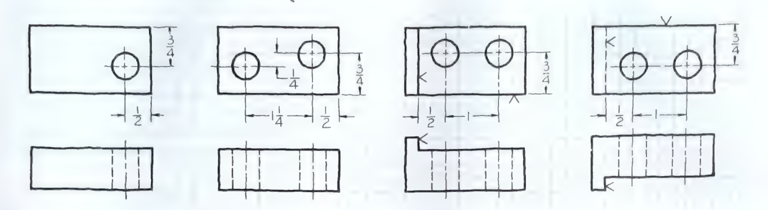


radio no es verdadero, se lo dibuja en «zigzag». La porción del radio más cercana al arco debe estar dirigida hacia el centro verdadero del arco. El centro del arco deberá estar sobre la línea de eje o sobre la prolongación de la línea sobre la cual está situado el centro verdadero.

18-19 LINEAS DE REFERENCIA

Las *líneas de referencia* se emplean para adjuntar notas y cotas a la característica que describen. Una línea de referencia debe dibujarse como se muestra en la fig. 18-33. Se usa una escuadra normalizada colocada de tal ma-

FIG. 18-38. COTAS DE LOCALIZACION



A. Los huecos cilíndricos deben localizarse en la vista circular respecto a dos superficies del objeto.

B. Cuando se deba localizar más de un hueco, los restantes se localizarán respecto al primero por la distancia entre centros.

C. Es posible una localización más exacta de los huecos, si ésta se hace respecto a superficies acabadas.

D. Los huecos se pueden localizar en la vista circular y respecto a superficies, aunque éstas sean invisibles.

nera que, si la línea de referencia se prolonga, deberá pasar por el centro del arco o del círculo, pero la flecha deberá llegar sólo hasta el arco al cual se aplica la línea de referencia.

Las notas que se adjuntan a las líneas de referencia deben colocarse de manera que la línea de referencia empiece en la primera palabra o en la última de la nota (fig. 18-34).

18-20 ACOTADO DE SUPERFICIES CURVAS

Una forma irregular compuesta de arcos de diferentes dimensiones (fig. 18-35) se puede acotar empleando una serie de radios. Cuando estas partes se trazan en el taller, usando cotas de radios, se deberán aplicar los principios de construcción de tangencias vistos en el capítulo 5.

Cuando la curva es irregular, o sea, no formada por arcos (fig. 18-36), se puede emplear el método de las coordenadas para localizar una serie de puntos a lo largo de la curva con respecto a dos líneas base. La determinación de la separación entre puntos queda a juicio del dibujante. Obsérvese que las líneas de extensión pueden trazarse inclinadas, con el fin de proporcionar el espacio adicional para mostrar las cotas.

Un caso especial de curva irregular es el de la curva simétrica que se muestra en la fig. 18-37. Obsérvese que, en este caso, las líneas de cota se utilizan como líneas de extensión, lo que constituye una violación de la regla previamente establecida.

18-21 COTAS DE LOCALIZACION

Las cotas de localización se utilizan para localizar la posición de elementos geométricos, como agujeros cilíndricos. La fig. 18-38 ilustra las reglas básicas para localizar huecos cilíndricos. Las cotas de dimensión de los huecos se han omitido por claridad.

El hueco cilíndrico de A se localiza en la vista circular mediante dos cotas que sitúan el centro del hueco en la vista circular. Cualquier par de superficies visibles del prisma se puede utilizar para trazar las líneas de extensión que indican las cotas.

Los dos huecos de B se localizan entre sí por su distancia entre centros. El hueco de la derecha se localiza respecto a las superficies del prisma, y el siguiente respecto al centro del primero.

Los dos huecos de C se localizan respecto a la superficie acabada para lograr mayor exactitud. En cuanto sea posible, las cotas de localización deberán darse respecto a superficies acabadas.

En la parte D se localizan dos huecos respecto a una superficie invisible, violando una regla anterior; sin embargo, en este caso, es

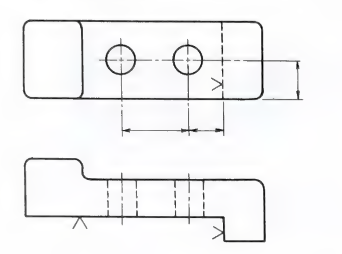


Fig. 18-39. Localización de huecos cilíndricos respecto a una superficie acabada.

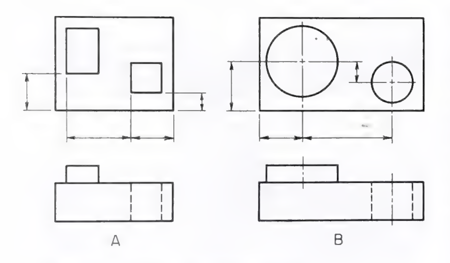


Fig. 18-40. Localización de prismas y cilindros.

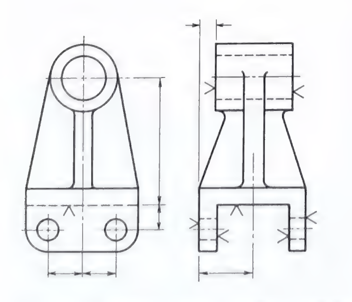


Fig. 18-41. Ejemplos de cotas de localización utilizadas para situar elementos geométricos.

un método aceptable, puesto que la superficie invisible es la única con acabado. Los huecos se localizan en la vista circular por su distancia entre centros. Un ejemplo análogo es el de la localización de los agujeros de la fig. 18-39.

Los prismas se localizan entre sí como se muestra en la fig. 18-40A. Cuando los lados de cada prisma son paralelos, sólo es necesario localizar un vértice de un prisma respecto al otro.

Las cotas de dimensión deberán colocarse en la vista que permita mostrar las dos cotas; en este ejemplo, en la vista de arriba. Los cilindros se localizan en sus vistas circulares. Esta regla se ilustra en la fig. 18-41.

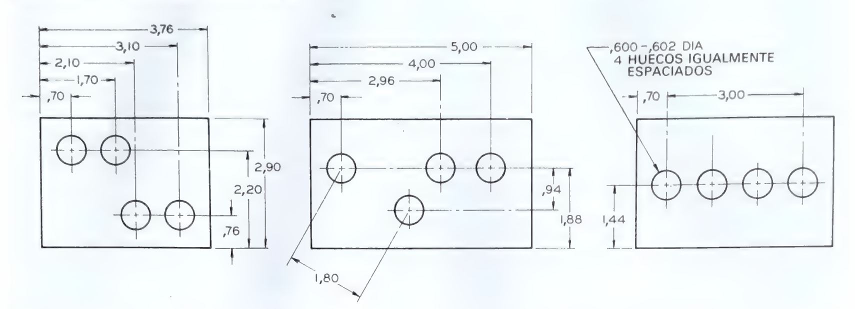
18-22 LOCALIZACION DE HUECOS

Cuando la localización de los huecos debe ser muy exacta, las cotas deben referirse a un plano común de referencia de la pieza, para reducir la acumulación de errores de medición a medida que se localizan huecos sucesivos. En la fig. 18-42A y B se muestran dos ejemplos de este tipo de acotado por coordenadas. Cuando se localizan cotas de esta forma, la acumulación de errores será mínima, especialmente si los planos de referencia son superficies acabadas.

Cuando se va a localizar una serie de agujeros igualmente espaciados, como en la figura 18-42C, se puede usar una nota en la cual se indique que están igualmente espaciados. El primero y último agujero de la serie se sitúan mediante cotas de localización convencionales.

Los huecos se pueden localizar sobre láminas circulares mediante coordenadas o una nota, como se muestra en la fig. 18-43. Cuando se usan coordenadas respecto a las líneas de eje horizontal y vertical, como en la figura 18-43A, se obtiene una exactitud mayor. Cuando se usa una nota, se deberá dar el diámetro de la circunferencia que pasa por los centros de los huecos. El resto de la información aparece en la nota. Un método análogo para localizar huecos es el método polar que se ilustra en la fig. 18-44A. El centro del arco que une los centros de los huecos se

FIG. 18-42. LOCALIZACION DE HUECOS



A. Los huecos se pueden localizar más exactamente si se emplea un plano base común, a partir del cual se hacen todas las mediciones.

B. Para localizar un hueco de este tipo respecto al centro de otro hueco se puede usar una cota inclinada.

C. Se puede usar una nota para indicar el espaciamiento entre centros de una serie de huecos igualmente espaciados.

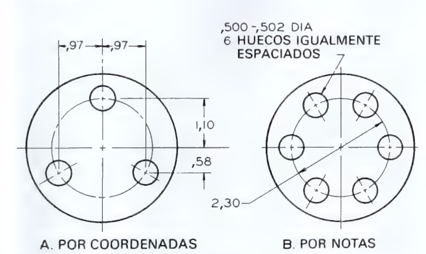


Fig. 18-43. Los huecos se pueden localizar en láminas circulares, mediante coordenadas (A) o nota (B).

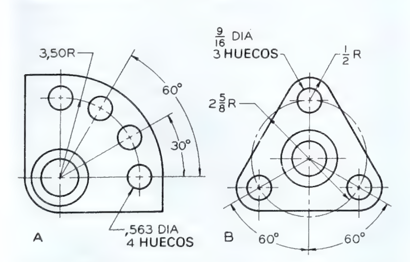


Fig. 18-44. Localización de huecos que están sobre arcos o circunferencias comunes.

usa como polo. Se da la distancia radial respecto a este punto, junto con la distancia angular (en grados) entre huecos. Este método puede emplearse para localizar huecos sobre una lámina circular o no circular, si los huecos están sobre una circunferencia común (parte B). . .

18-23 ACOTADO DE OBJETOS CON EXTREMOS REDONDEADOS

Los objetos con extremos redondeados se acotan bien de extremo a extremo, bien por distancia entre centros (fig. 18-45). Se prefiere el método ilustrado en la parte A, puesto que da la longitud total de la pieza sin calcularla. El radio se muestra con la letra R, sin cota, ya que se puede calcular como la mitad de la distancia transversal de la parte.

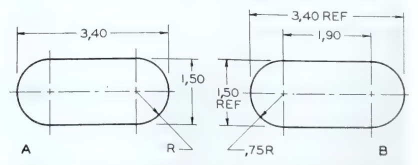


Fig. 18-45. Dos métodos recomendados de acotar objetos con extremos redondeados.

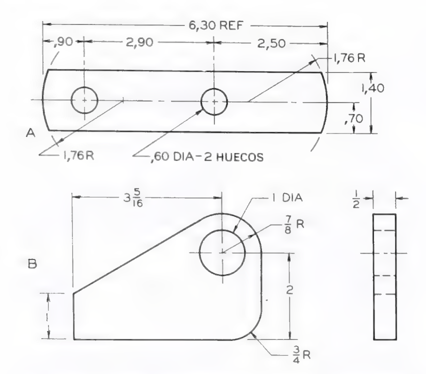


Fig. 18-46. Técnicas para acotar partes con arcos y características circulares.

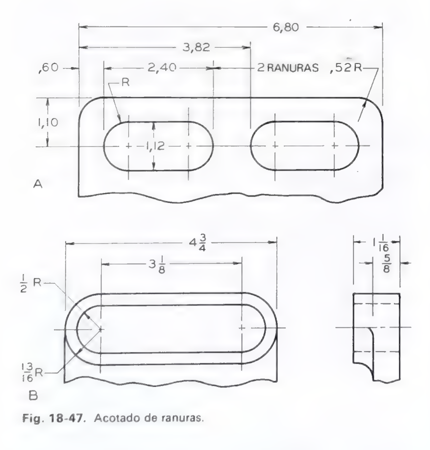


Fig. 18-47. Acotado de ranuras.

Si el objeto se acota mediante la distancia entre centros de los extremos redondeados, se deberá dar la cota total como cota de referencia (REF) para evitar los cálculos que exigiría su determinación. En este caso (parte B) se da el radio del extremo redondeado.

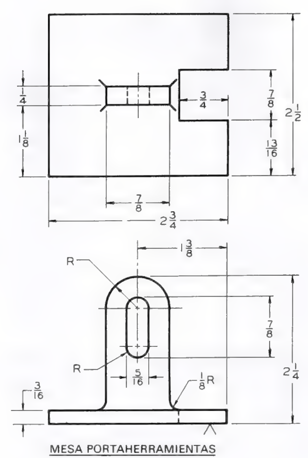


Fig. 18-48. Ejemplo de una pieza acotada según los principios aquí expuestos.

En la fig. 18-46A se muestra el acotado de una parte con extremos parcialmente redondeados. Se dan los radios y sus centros, ya que de otra forma no se podrían conocer. La cota total se da como cota de referencia (REF) para que sirva de chequeo de cálculo de dimensiones, pero en sí tiene una importancia secundaria.

Cuando el objeto posee un extremo redondeado menor que un semicírculo (fig. 18-46B), deben usarse cotas de localización para situar el centro del arco. Las cotas de localización son las primeras medidas que se toman para la construcción de un dibujo o un patrón. El arco se acota y luego se usa para construir el contorno del objeto. Para completar el dibujo se trazan tangentes al arco desde otros puntos ya establecidos. En la parte inferior de la figura 18-46 se acota una esquina redondeada de 90°.

En la fig. 18-47 se acotan ranuras con extremos redondeados. Obsérvese que los mismos principios generales previamente estu-

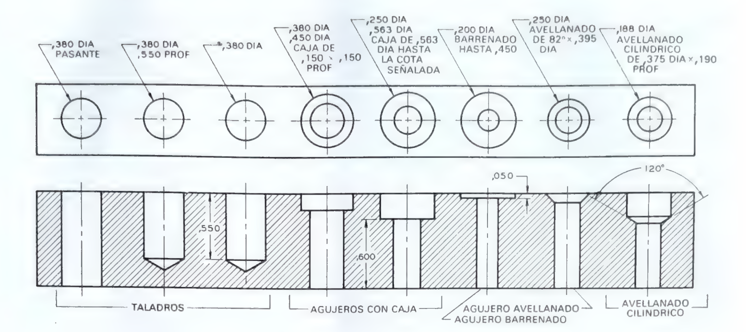


Fig. 18-49. Diversas clases de huecos maquinados y notas apropiadas para designarlos.

diados en esta sección, se aplican a estas formas aun cuando correspondan a agujeros en vez de a objetos sólidos. En la parte A sólo se ha acotado una ranura y se ha indicado con una nota que son dos. La parte B se ha acotado localizando los centros de los extremos redondeados.

El plano acotado de la fig. 18-48, que corresponde a una mesa portaherramientas, muestra ejemplos de arcos y ranuras. Para evitar el cruce de líneas de cota, algunas veces es necesario colocar cotas en una vista que no es lo suficientemente descriptiva de la característica como se hubiera deseado.

18-24 AGUJEROS MAQUINADOS

Los agujeros maquinados son huecos que se hacen o acaban mediante maquinado, como, por ejemplo, taladrado. Los agujeros maquinados se indican con notas adjuntas a líneas de referencia. Las notas se colocan horizontalmente sobre el plano, sin tener en cuenta la dirección de la línea de referencia. En la figura 18-49 se muestran ejemplos de agujeros maquinados y de las notas apropiadas para designarlos.

Es preferible dar el diámetro del agujero con la abreviación DIA, sin hacer referencia al método de fabricación del mismo. (Anteriormente se dijo que era de uso común el indicar la operación de maquinado en la nota, como, por ejemplo, TALADRO DE $^{3}/_{4}$".

La profundidad de los agujeros se puede acotar en la vista rectangular con una cota o con una indicación en la nota. En cuanto sea posible, las notas de los agujeros deberán ir en la vista circular.

Los *taladros* pueden atravesar completamente la parte (taladros pasantes) o pueden llegar a determinada profundidad. La profundidad indicada para un taladro es la profundidad utilizable y no la profundidad hasta la punta de la broca. El ángulo de la punta de la broca es de 120°.

Los *agujeros con caja* son huecos agrandados taladrando un agujero de mayor diámetro concéntrico con el agujero original (fig. 18-49). Se puede adjuntar una nota para indicar el diámetro de la caja y su profundidad. Un método alterno es emplear una cota en combinación con una nota.

El *barrenado* es un proceso de maquinado utilizado para acabar la superficie que rodea la parte superior de un agujero para suministrar un asiento a nivel para una arandela o la cabeza de un pasador. La nota de la figura 18-49 da el diámetro del barrenado; la profundidad del mismo se puede indicar mediante una cota o una nota.

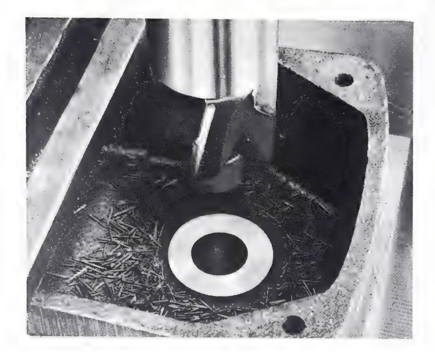


Fig. 18-50. Barrenado de un saliente cilíndrico para dar una superficie de asiento suave para un tornillo. (Cortesía de Clausing Corporation.)

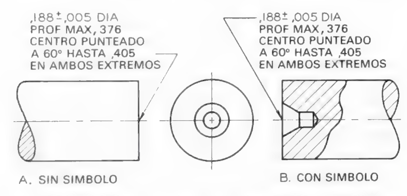


Fig. 18-51. Métodos de indicar los avellanados que alojarán los puntos de centrado durante el maquinado y la inspección.

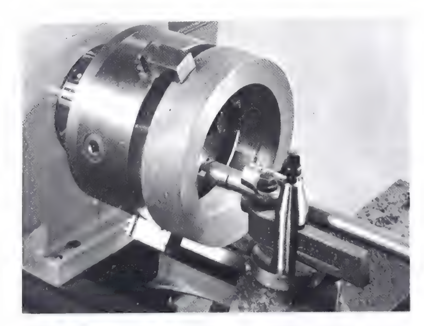


Fig. 18-52. Fabricación de un hueco grande mediante cilindro con buril de interiores. (Cortesía de Clausing Corporation.)

La fig. 18-50, en la cual se está barrenando un saliente (elemento cilíndrico en relieve), muestra una herramienta para barrenar. Esta superficie acabada asegura que la parte que repose sobre ella estará correctamente alineada.

El *avellanado* es un proceso para hacer un ensanchamiento cónico en la parte superior del agujero para alojar un tornillo de cabeza cónica (fig. 18-49). En la nota se deben indicar el diámetro del avellanado (diámetro máximo localizado sobre la superficie) y el ángulo del mismo.

El avellanado también se utiliza para puntos de centrado de árboles, mandriles y otras partes cilíndricas que deban alojar centros de máquinas durante el proceso de maquinado o de inspección. En la fig. 18-51A se muestran dos métodos para indicar esto.

Los *agujeros con avellanado* cilíndrico son agujeros ensanchados taladrando un agujero de mayor diámetro concéntrico con el original (fig. 18-49). En la nota deben darse el diámetro del avellanado y su profundidad. Este agujero suspendido suministra un asiento oculto para un pasador que se introduzca bajo la superficie de la parte.

El *cilindrado* es una operación de maquinado que generalmente se lleva a cabo en un torno con un buril de interiores (fig. 18-52). El cilindrado se utiliza para huecos muy grandes que no pueden ser taladrados.

Los *agujeros escariados* son agujeros que han sido «acabados», o ligeramente ensanchados, una vez que han sido taladrados o cilindrados.

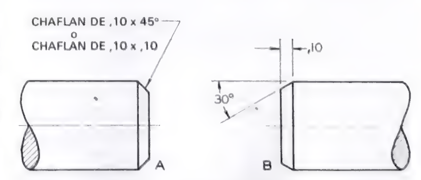


Fig. 18-53. Acotado de chaflanes.

Esta operación se efectúa con un escariador que es parecido a una broca.

18-25 CHAFLANES

Los *chaflanes* son superficies biseladas que se usan en partes cilíndricas tales como árboles y piezas roscadas. Estos facilitan el montaje de las partes y eliminan las aristas vivas y rugosas.

Cuando un chaflán está a 45°, se puede indicar con una nota en cualquiera de las dos formas mostradas en la fig. 18-53A. Cuando está a un ángulo diferente de 45°, se deben indicar el ángulo y la longitud, como se muestra en la fig. 18-53B.

Notas de este estilo se pueden usar para indicar chaflanes internos en las brocas de agujeros. Si el diseño de una pieza exige el control del diámetro del chaflán, éste se acotará como en la fig. 18-54.

18-26 CHAVETEROS

Un *chavetero* es una ranura practicada en un árbol con el propósito de alinearlo con una parte montada sobre él. Esta parte puede ser una polea o un anillo. En la fig. 18-55 se ilustra la forma correcta para acotar una chaveta, un chavetero de eje y un chavetero de cubo. En este ejemplo aparecen las tolerancias que se tratarán detalladamente más adelante en este mismo capítulo.

La fresadora de la fig. 18-56 se está empleando para fabricar una ranura. Esta máquina también puede usarse para hacer chaveteros de ejes.

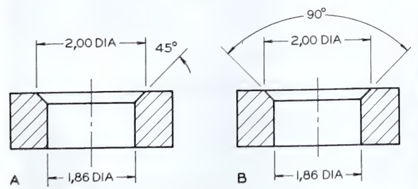


Fig. 18-54. Acotado de chaflanes internos.

18-27 MOLETEADO

El *moleteado* es el proceso de tallado romboidal o paralelo de superficies cilíndricas para mejor sujeción de las mismas y como adorno, o para un ajuste a presión de dos piezas que deban permanecer juntas como si estuvie-

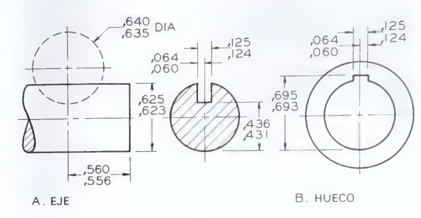


Fig. 18-55. Acotado de chaveteros.

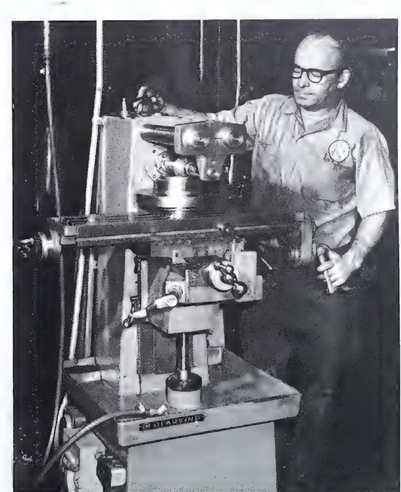


Fig. 18-56. Fabricación de una ranura con fresadora. (Cortesía de Clausing Corporation.)

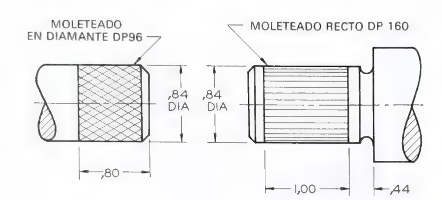


Fig. 18-57. Métodos de acotar moleteados romboidal y recto.

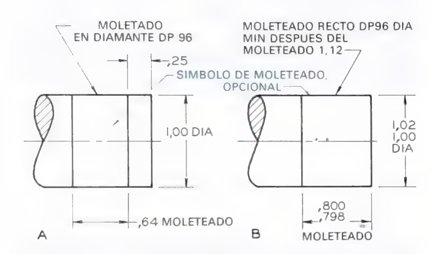


Fig. 18-58. Métodos de acotar moleteados y de indicar tolerancias.

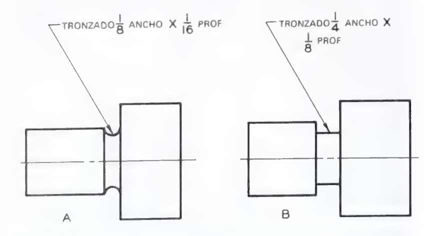


Fig. 18-59. Métodos de acotar tronzados.

ran soldadas. En la fig. 18-57 se acotan un moleteado romboidal y un moleteado recto.

Los moleteados se acotan indicando su tipo, paso diametral (DP) y diámetro antes y después del proceso si la exactitud es importante. Se puede omitir el diámetro cuando no es necesario su control, como es el caso del moleteado hecho para suministrar mejor agarre de la pieza. En la fig. 18-58 se usa una nota para acotar una superficie moleteada. No es necesario dibujar la superficie moleteada; una nota es suficiente.

Cuando la parte moleteada deba ajustar a presión con otra parte, deben darse los diámetros antes y después del proceso, como se muestra en la fig. 18-58A.

18-28 TRONZADOS Y ENTALLAS

Un *tronzado* es una entrada hecha en una parte cilíndrica. Esta entrada generalmente se hace en el punto en el cual el cilindro pasa de un diámetro a otro (fig. 18-59). El tronzado asegura que una polea o cualquier parte montada sobre un árbol pueda sentar sin aprieto contra la superficie transversal del cilindro mayor.

Las *entallas* son algo parecidas a los tronzados y tienen más o menos su misma función. En la fig. 18-60A se muestra una entalla en la intersección de dos planos perpendiculares. Esta asegura que una parte diseñada para ser montada en esta arista sentará sin aprieto contra ambas superficies. Una entalla puede ser también una entrada hecha en el interior de un hueco cilíndrico. En la fig. 18-60B se emplea una *entrada de rosca*, puesto que es difícil generar los filetes hasta el extremo de unión del cilindro menor con el mayor.

18-29 CORTES ACOTADOS

Los cortes se acotan de igual forma que las vistas convencionales. Los cortes dan mayor claridad a un dibujo que, de otra manera, sería de difícil interpretación.

En la fig. 18-61 se muestra un corte acotado. A la tapa que aparece en esta figura se han aplicado los principios de acotado expuestos en este capítulo.

18-30 SUPERFICIES TECNICAS

Algunos conjuntos deben trabajar dentro de estrechas tolerancias que exigen una superficie especialmente maquinada, la cual se debe indicar de una manera más exacta de lo que se haría mediante el símbolo convencional de

acabado V. Debido a que hay diferentes grados de acabado, un solo símbolo no es una indicación suficiente. Por tanto, en situaciones críticas, este símbolo debe acompañarse de notas que indiquen el grado de acabado deseado.

El significado de las notas y símbolos debe comprenderse perfectamente antes de utilizarlos en los planos. Para este propósito se hace referencia a la fig. 18-62. Los términos que aparecen en esta figura se definen a continuación

Superficie técnica es el término empleado para indicar las desviaciones, repetitivas o al azar, respecto de la superficie nominal, las cuales forman el contorno de la superficie. Estas desviaciones incluyen asperezas, ondas, estrías y grietas.

Las *asperezas* son las finas irregularidades de la superficie técnica, generalmente producidas por variaciones en los procesos de fabricación y producción.

La *profundidad de aspereza* es la desviación promedio (aritmética) respecto al plano medio de la superficie. Las asperezas se miden en micropulgadas o millonésimas de pulgada 0,000001" (abreviadamente, μ").

La *distancia de la aspereza* (medida en micropulgadas) es la distancia entre dos de los picos o lomos que constituyen la forma predominante de la aspereza.

El *tramo de referencia* (medido en pulgadas) es el máximo espaciamiento de irregularidades superficiales repetitivas, el cual se debe incluir en la medida de la profundidad promedio de las asperezas.

Las *ondas* (medidas en pulgadas) son irregularidades de la superficie técnica ampliamente espaciadas. Este espaciamiento debe ser mayor que el del tramo de referencia. Las ondas se producen por variaciones en las operaciones de maquinado, vibraciones, zarandeos o alabeo. Las asperezas se consideran sobrepuestas en una superficie ondulada.

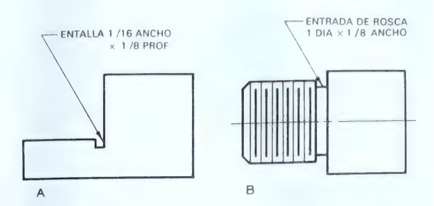


Fig. 18-60. Acotado de entallas y entradas de rosca.

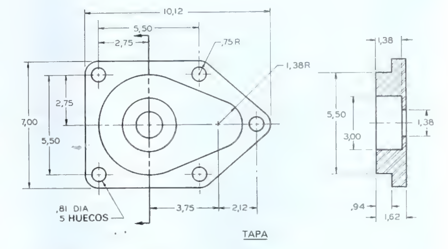


Fig. 18-61. Corte acotado.

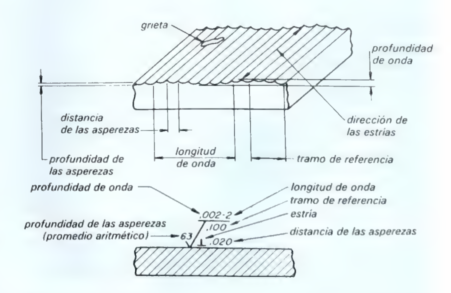


Fig. 18-62. Definiciones de superficies técnicas. (Cortesia de ANSI; B46.1-1962.)

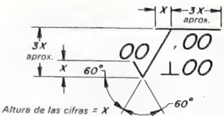


Fig. 18-63. Símbolo de superficie técnica.

La *profundidad de onda* (evaluada en pulgadas) es la distancia entre pico y depresión de las ondas.

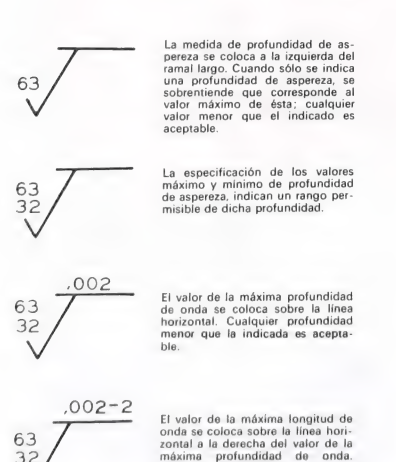
La *distancia de la onda* (evaluada en pulgadas) es la distancia entre los picos o los valles de dos ondas sucesivas.

Estría es la dirección de la forma predominante de la superficie, comúnmente determinada por el método de producción utilizado.

Las *grietas* son irregularidades o defectos que no se presentan frecuentemente; cuando se presentan lo hacen en intervalos que varían ampliamente. Las grietas incluyen cuarteaduras, burbujas, marcas, lomos, rayas, etc. A no ser que se indique lo contrario, el efecto de las grietas no debe incluirse en la medida de la profundidad de aspereza.

Superficie de contacto es el área que hará contacto con la superficie en la cual aparezca.

Estas características se indican en un dibujo mediante el símbolo que se muestra en la fig. 18-63. Los caracteres incluidos en el símbolo deben ser del mismo tamaño de las letras del dibujo. La línea superior de extensión, en muchos casos, se puede prolongar más hacia la derecha. En algunos casos, la superficie técnica debe especificarse con un alto grado de exactitud, mientras que, en otros casos, sólo son suficientes instrucciones generales. La fig. 18-64 muestra cómo se indican las asperezas, ondas y estrías, mediante la inserción de cifras en el correspondiente sitio del



90%

Las condiciones mínimas para superficies de contacto o rodamiento con una parte que se acople a una superficie de referencia, se indicarán con una cifra en porcentaje colocada sobre la línea horizontal, como se muestra. Otras condiciones adicionales se pueden controlar con notas.

,002-2
63
32 ⊥

Las indicaciones de estrías se hacen mediante el símbnlo colocado a la derecha del ramal largo.

,002-2
,100
63
32 ⊥

El valor del tramo de referencia se coloca bajo la línea horizontal. Cuando no se indica ningún valor, se sobrentiende 0,030.

,002-2
,100
63
32 ⊥ ,020

Cuando sea necesario, la máxima distancia de la aspereza se colocará a la derecha del símbolo de estriado. Cualquier valor menor del indicado es aceptable.

Fig. 18-64. Notas relativas a superficies técnicas y su significado. (Cortesía, con la figura anterior, de ANSI; B46.1-1962.)

símbolo. En el símbolo de superficie sólo se deben incluir las especificaciones que se apliquen a la superficie dada, puesto que los acabados especiales aumentan los costos de producción. En la fig. 18-65 se ilustran los símbolos de estrías y la forma en que se combinan con el símbolo de superficie. La figura 18-66 muestra símbolos de superficies técnicas.

Los métodos corrientes de maquinado producen profundidades de aspereza que son peculiares al proceso utilizado. El diseñador que especifique una superficie técnica debe conocer estas características y las máquinas de que dispone. La fig. 18-67, que da en micropulgadas las asperezas de los métodos comunes de producción, puede servir como guía para la elección de las operaciones de maquinado apropiadas.

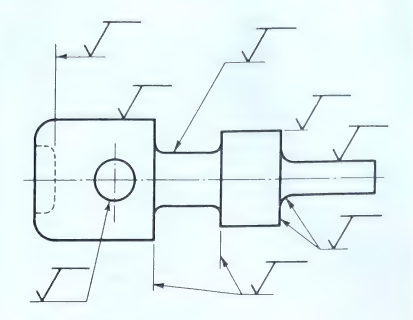


Fig. 18-66. Aplicación a un dibujo de los símbolos de superficie técnica. (Cortesía de ANSI; B46.1-1962.)

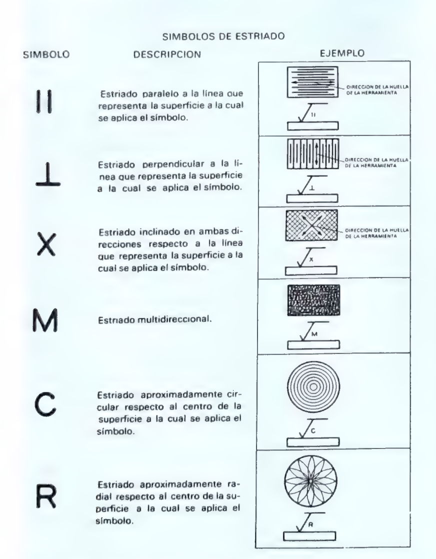


Fig. 18-65. Notación para estriados, utilizada con los símbolos de superficies técnicas. (Cortesía de ANSI; B46.1-1962.)

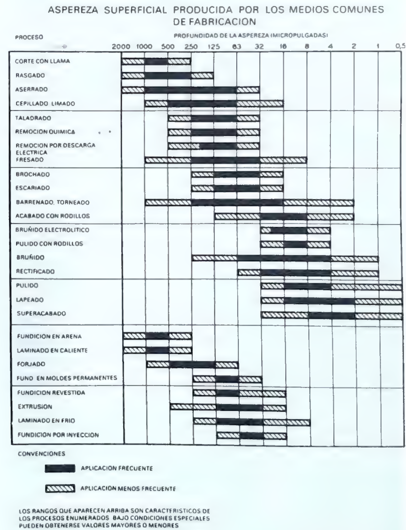


Fig. 18-67. Aspereza superficial producida por los métodos comunes de fabricación. (Cortesía de ANSI; B46.1-1962.)

18-31 TOLERANCIAS

Las piezas de ingeniería que se construyen actualmente exigen más exactitud dimensional que las que se construían en el pasado, ya que en la actualidad muchas partes son hechas por diferentes compañías localizadas en diferentes sitios. Debe ser posible intercambiar las partes producidas por una compañía con las piezas hechas por las demás compañías. Si esto no es posible, deberán modificarse para que acoplen dentro del conjunto, lo que es un proceso muy costoso. La intercambiabilidad de las partes es también un factor importante cuando es necesario su reemplazo.

La técnica que asegura que las partes fabricadas tengan el tamaño apropiado se llama tolerancia. En tolerancia, a cada parte se le permite un cierto grado de variación comprendido en una zona especificada; el rango de variación permisible depende de la función que va a desempeñar la pieza. La producción de partes cuyas dimensiones tienen una aproximación al centésimo o milésimo de milímetro no sólo es muy costosa, sino excesivamente difícil. Por esta razón se da al fabricante una variación permisible que disminuye los costos y permite controlar el tamaño o posición de las piezas.

18-32 NOTAS DE TOLERANCIAS

Todas las dimensiones de una parte tienen tolerancias de distinto grado, las cuales se dan o a juicio del fabricante o mediante una nota del plano. El método corriente consiste en dar una nota general de tolerancias en el plano o en las especificaciones de fabricación. Las dimensiones que no son críticas, por corresponder a partes que no acoplan con otras, se toleran con una nota general de tolerancias tal como TOLERANCIA 1 ± 64.

Las tolerancias para dimensiones que corresponden a partes que acoplan con otras se pueden indicar más exactamente mediante una nota como TOLERANCIA ± 0,001.

18-33 COTAS DE TOLERANCIA

En la fig. 18-68 se muestran varias de las formas permitidas para especificar tolerancias.

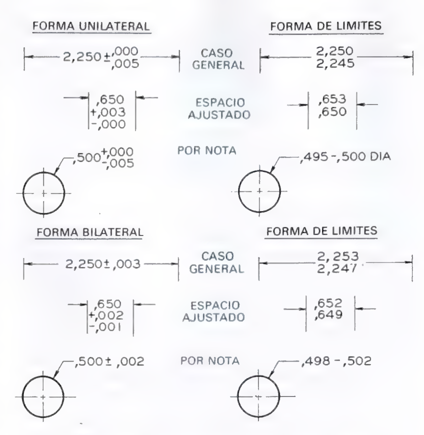


Fig. 18-68. Maneras de acotar tolerancias en forma unilateral y en forma de límites.

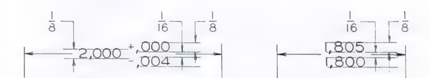


Fig. 18-69. Colocación y separación de las cifras usadas para especificar tolerancias.

Cuando se utilizan tolerancias de diferencia, éstas deben aplicarse a un *diámetro básico*. Cuando la dimensión tolerada por diferencia permite variaciones en una sola dirección, la tolerancia es *unilateral*. Las tolerancias que permiten variaciones en cualquier dirección respecto a la cota básica se llaman *bilaterales*. En la fig. 18-68 se muestran las formas de aplicar estas tolerancias tanto en cotas como en notas.

En la fig. 18-69 se muestra la colocación y espaciado de las cifras que indican los límites de tolerancia. Las dos formas son permitidas. Las tolerancias se pueden indicar como *límites;* es decir, dando dos cotas que representen el mayor y menor tamaño permitido en la fabricación de la pieza. Cuando los límites

se comparan con sus partes correspondientes en tolerancias de diferencia por ambos métodos, se obtiene igual límite de tolerancia.

En una cota tolerada, el límite superior se coloca sobre el límite inferior; si los límites se colocan sobre una misma línea de una nota, el límite inferior debe preceder al superior. En las tolerancias de diferencia la cota positiva debe estar sobre la negativa.

18-34 PARTES QUE ACOPLAN

Las partes que *acoplan* son aquellas que deben ajustar entre sí con un alto grado de exactitud. La fig. 18-70A muestra dos partes que acoplan, una de ellas es un bloque que debe descansar en una ranura rectangular. La parte superior se acota con dos medidas que indican los límites superior e inferior de su tamaño. Las cotas toleradas para la ranura son ligeramente mayores que las del bloque que descansa en ella. Obsérvese que se especifican las entallas, para permitir que la mugre o cualquier obstrucción salga cuando las partes se monten.

En la fig. 18-70B se muestran las variaciones de tamaño permitidas en cada parte. En todas las posibles variaciones de tamaño de las dos partes, a la ranura corresponderá siempre una dimensión mayor que al bloque que descansa en ella. Este tipo de tolerancia asegura que las partes se puedan armar y trabajar como se desea. Sin embargo, es obvio que unas pocas milésimas de pulgada de variación

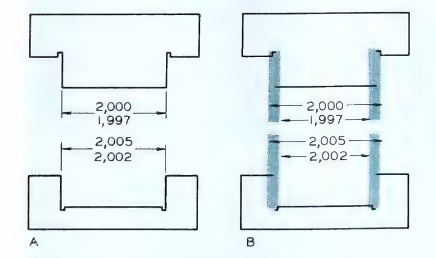


Fig. 18-70. Tolerancias entre dos partes que se acoplan. Ambas partes tienen una tolerancia de 0,003" y un juego de 0,002".

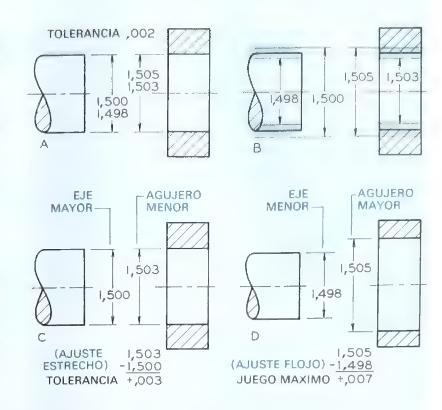


Fig. 18-71. Explicación de los términos de tolerancias cuando se aplican a acoples cilíndricos.

podrían producir una ranura lo suficientemente pequeña como para que el bloque no entrara en ella; las tolerancias son importantes en situaciones de este tipo.

En la fig. 18-71A se dan ejemplos de partes cilíndricas que deben acoplar. La parte B de la figura ilustra el significado de las tolerancias dadas en la parte A; es decir, muestra que el diámetro del eje puede variar entre 1,500" (valor máximo) y 1,498" (valor mínimo). La diferencia entre estos dos límites (para una misma parte) se llama *tolerancia*. En este caso la tolerancia es de 0,002. Las cotas del agujero de la parte A dan los límites 1,505 y 1,503 para una tolerancia de 0,002 (diferencia entre los valores límites, como se ilustra en la parte D).

18-35 TERMINOLOGIA DE LAS TOLERANCIAS

El significado de muchos de estos términos se puede deducir de la fig. 18-71. Cuando el eje y el agujero mostrados se acoplan, las condiciones extremas son de ajuste estrecho o de ajuste flojo, como se ilustra en las partes C y D.

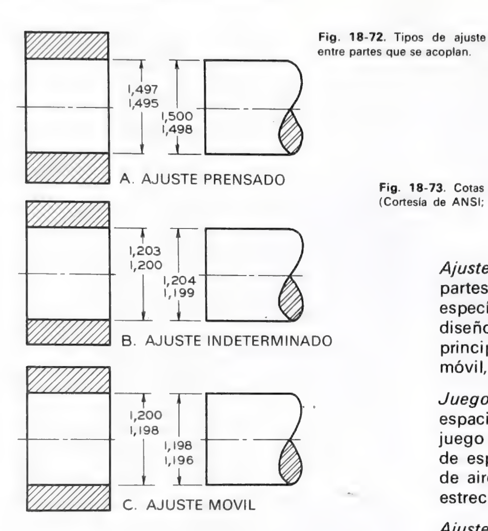


Fig. 18-72. Tipos de ajuste entre partes que se acoplan.

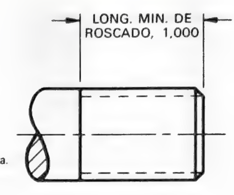


Fig. 18-73. Cotas de tolerancia única. (Cortesía de ANSI; Y14.5-1966.)

Juego mínimo. El juego mínimo corresponde al ajuste estrecho de dos partes que acoplan. En la parte C, el juego mínimo entre eje y agujero es de + 0,003. (Negativo para un juego prensado.)

Medida nominal. La medida nominal es una medida aproximada. La medida nominal del eje y agujero de la fig. 18-65 es 1 $^1/_2$.

Medida básica es la medida teórica exacta, a partir de la cual se encuentran los límites, aplicando tolerancias y juegos de tolerancias de diferencias (fig. 18-68)

Medida real. Es la medida de la pieza trabajada.

Límites de tolerancia son las cotas extremas que permiten las tolerancias; es decir, las medidas máxima y mínima de la parte. Los límites de tolerancia del eje de la fig. 18-71 son 1,500 y 1,498.

Tolerancia es la diferencia entre los límites dados de una pieza. La tolerancia del eje de la fig. 18-71A es 0,002.

Ajuste es el grado de estrechez entre dos partes, como resultado de una combinación específica de tolerancias y juegos durante el diseño de piezas acopladas. Los cuatro tipos principales de ajuste son: de espacio libre, móvil, indeterminado y prensado.

Juego de espacio libre es el que deja un espacio libre entre las partes acopladas. El juego entre las partes de la fig. 18-71 es de espacio libre, puesto que deja un espacio de aire aun bajo las condiciones máximas de estrechez.

Ajuste prensado es el ajuste en el cual hay interferencia entre las dos partes acopladas. El eje de la fig. 18-72A es de mayor diámetro que el agujero, con lo cual el acople debe hacerse a presión, obteniéndose casi el mismo efecto que si se hubieran soldado las piezas.

Ajuste indeterminado es el ajuste entre dos partes que puede producir interferencia o espacio libre. El eje de la fig. 18-72B puede ser mayor o menor que el agujero, siempre que permanezca dentro de las tolerancias dadas.

Ajuste móvil es el ajuste en el cual se puede producir contacto o espacio libre entre las superficies. El eje y agujero de la fig. 18-72C pueden estar en contacto o dejar un espacio libre según se acercan a los límites de tolerancia.

El *ensamblaje selectivo* es un método para escoger, mediante ensayo y error, piezas que ensamblan. Empleando este método, se pueden ensamblar partes con mayor tolerancia y, en consecuencia, a bajo costo. Las partes se pueden acotar con tolerancias que produzcan

ajustes indeterminados (con prensado y espacio libre) y luego ensamblarlas escogiendo las piezas que den la función deseada. Este método representa un compromiso entre el alto grado de exactitud de la fabricación y la facilidad de montaje de las partes intercambiables.

Los *límites únicos* son cotas que se indican con MIN o con MAX (mínimo o máximo), en vez de utilizar los dos límites al mismo tiempo. En la fig. 18-73 se da un ejemplo. La profundidad de agujeros, longitudes, roscas, radios de redondeo, chaflanes, etc., se acotan de esta forma. Al usar este sistema, debe tenerse mucho cuidado para evitar una desviación notoria del límite indicado.

El *sistema del eje o agujero único* es un sistema de ajustes en el cual las medidas máximas de los ejes o las mínimas de los agujeros son iguales a la medida básica a la cual se aplican las tolerancias. Este sistema se emplea en industrias que utilizan gran cantidad de ejes de tamaños normalizados.

18-36 SISTEMA DEL AGUJERO UNICO

El sistema del agujero único es un sistema para acotar agujeros y ejes, ampliamente usado para dar los juegos exigidos por dos partes acopladas. En este sistema, el diámetro del agujero mínimo se toma como diámetro básico, al cual se aplican los límites de tolerancia y juego.

Se usa el agujero porque la mayoría de brocas, escariadores y herramientas de máquinas están diseñadas para producir agujeros de tamaños normalizados. Por esta razón, es ventajoso usar este diámetro como medida básica.

Si el diámetro mínimo de un agujero es 1,500", se puede restar de este diámetro el juego mínimo (0,003), para encontrar el diámetro máximo del eje (1,497"). El límite menor para el eje se puede hallar restando de 1,497" la tolerancia. El sistema del agujero único se funda en la hipótesis de que es más fácil variar la dimensión del eje que la del agujero.

18-37 SISTEMA DEL EJE UNICO

Algunas industrias utilizan el sistema del eje único para las tolerancias de las medidas, debido a que bastantes ejes vienen en tamaños normalizados. En este caso, el diámetro máximo del eje se da como dimensión básica, a la cual se aplican las tolerancias y los juegos.

Por ejemplo, si el diámetro máximo permisible del eje es 1,500, para encontrar el diámetro mínimo del agujero que puede alojar al eje, se suma a la medida anterior el juego mínimo. Entonces, si las partes deben tener un juego de 0,004" el agujero mínimo deberá tener un diámetro de 1,504.

18-38 AJUSTES NORMALIZADOS

La norma ANSI B4.1-1955 especifica una serie de ajustes para partes cilíndricas, con base en el sistema del agujero único. Las tolerancias que se asignan a los agujeros son unilaterales y positivas.

Las clases de ajustes consideradas en esta norma son:

- RC Ajustes de funcionamiento y deslizantes
- LC Ajustes de posición con espacio libre
- LT Ajustes de posición indeterminados
- LN Ajustes de posición prensados
- FN Ajustes forzados

Ajustes de funcionamiento y deslizantes (RC) son ajustes en los cuales los límites de tolerancia se especifican para suministrar un mismo funcionamiento, con tolerancia de lubricación aceptable, en todo el rango de dimensiones. El espacio libre para las dos primeras clases (RC 1 y RC 2), las que principalmente se emplean para ajustes deslizantes, aumenta menos rápidamente, al crecer el diámetro, que en las demás clases, de tal manera que se mantiene una posición exacta, aun a expensas de la libertad de movimiento relativo.

Ajustes de posición (LC) son ajustes que sólo se proponen determinar la posición de las partes acopladas; pueden producir posicionamiento rígido o exacto (ajustes prensados) o permitir alguna libertad del mismo (ajustes

con espacio libre). Se subdividen en tres grupos: ajustes con espacio libre (LC), ajustes indeterminados (LT) y ajustes prensados (LN).

Ajustes forzados son tipos especiales de ajustes prensados, caracterizados por el mantenimiento de presiones constantes en todo el rango de dimensiones. La interferencia, por tanto, varía casi directamente con el diámetro, y la diferencia entre sus valores máximo y mínimo es pequeña, para que las presiones resultantes estén dentro de límites razonables.

La fig. 18-74 ilustra cómo se deben utilizar los valores encontrados en las tablas del apéndice. El ejemplo es un ajuste RC 2. El diámetro básico para el eje y el agujero es 2,5000", que está comprendido en el rango 1,97-3,15 que se encuentra en la primera columna de la tabla. Puesto que los límites están dados en enteros, los valores se pueden convertir moviendo la coma decimal dos lugares a la izquierda. Por ejemplo: + 0,7 es +,0007"

Los límites superior e inferior del eje (2,4996 y 2,4991) se hallan restando al diámetro básico los dos límites (—,0004 y —,0009). Los límites superior e inferior del agujero (2,4996 y 2,4991) se encuentran sumando al diámetro básico los dos límites (+,007 y ,000).

Cuando se ensamblan las dos partes, el juego estrecho (+,007) y el juego flojo (+,0016) se encuentran restando las dimensiones máximas y mínimas de los agujeros y ejes. Obsérvese que estos valores se dan en la segunda columna de la tabla, para que sirvan como comprobación de los límites.

Para los demás tipos de ajustes se emplea el mismo método (con diferentes tablas) para calcular los límites. Los valores positivos de la tolerancia indican que hay espacio libre, mientras los negativos indican interferencia de las partes acopladas.

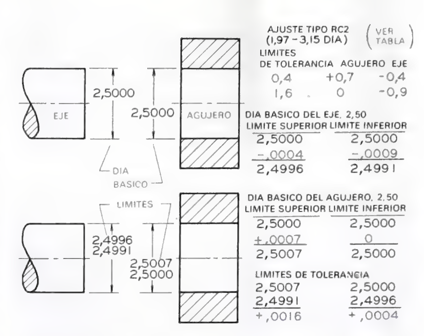


Fig. 18-74. Interpretación de un ajuste RC 2 para partes cilíndricas, utilizando las especificaciones dadas en el apéndice.

18-39 COTAS EN SERIE

Cuando se acotan piezas para localizar superficies o características geométricas mediante un *acotado en serie*, como se muestra en la figura 18-75A, pueden ocurrir variaciones que excedan las tolerancias especificadas. A medida que se hacen mediciones, con cada nueva medida hecha a base de la anterior, las tolerancias se acumulan. La tolerancia final puede ser igual a la suma de las tolerancias de las cotas intermedias. Por ejemplo, la tolerancia entre las superficies *A* y *B* es ,002; entre *A* y *C* es ,004; entre *A* y *D* es ,006 (fig. 18-75B). Esta acumulación de tolerancias, que puede llegar a ser significativa si el número de cotas en serie es grande, se puede reducir midiendo a partir de un mismo plano llamado *plano de referencia*. Un plano de referencia generalmente es un plano del objeto, pero también puede ser un plano de la máquina utilizada.

En la fig. 18-76 se muestra un ejemplo de tolerancias respecto a un plano de referencia. Obsérvese que la tolerancia entre las dos cotas es igual a la tolerancia entre dos dimensiones respecto al plano de referencia. En estos ejemplos es ,004, que representa la tolerancia máxima cuando se usan las cotas respecto a un plano o línea de referencia. El diseñador debe entender muy a fondo el funcionamiento de cada pieza, de manera que indique las tolerancias que suministren las condiciones exigidas. En todos los casos es deseable disminuir las tolerancias en cuanto sea posible para reducir costos y simplificar la producción.

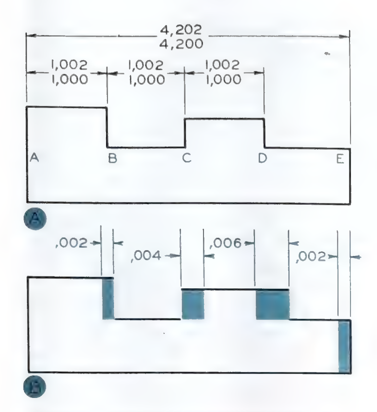


Fig. 18-75. Variaciones resultantes del acotado en serie.

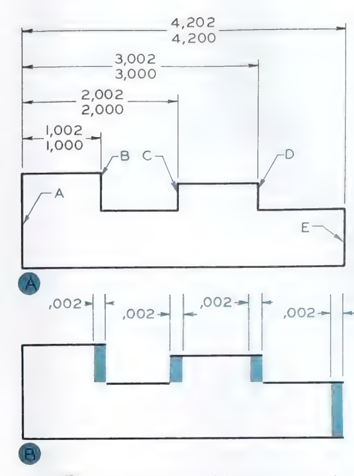


Fig. 18-76. Localización de superficies respecto a un plano de referencias para reducir la acumulación de tolerancias.

18-40 SIMBOLOS PARA TOLERANCIAS DE LOCALIZACION Y FORMA

La especificación de tolerancias de localización y forma ha llegado a ser un procedimiento complejo, puesto que en muchos casos las características geométricas de la pieza se deben dar con gran detalle. Por ejemplo, la planitud, la derechura, la redondez, la cilindricidad, el paralelismo, la perpendicularidad y otras muchas características deben tener tolerancias en un dibujo, indicadas mediante notas o símbolos. Las notas y los símbolos aquí presentados son los sugeridos por el United States of America Standards Institute (USASI).

Los dos tipos básicos de cotas que utilizan tolerancias son: (1) tolerancias de forma y (2) tolerancias de localización. Las tolerancias de forma se aplican a una sola forma geométrica. Por ejemplo, para indicar planitud, sólo una superficie debe tener tolerancia. La forma puede incluir la relación entre dos o más características de la misma pieza; por ejemplo, el

SIMBOLOS DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			
		Característica	Símbolo
Tolerancias de forma	Para característica única	PLANITUD	▱
		DERECHURA	—
		REDONDEZ (CIRCULARIDAD)	○
		CILINDRICIDAD	⌭
		PERFIL DE CUALQUIER LINEA	⌒
		PERFIL DE CUALQUIER SUPERFICIE	⌓
	Para características relacionadas	PARALELISMO	∥
		PERPENDICULARIDAD (CUADRATURA)	⊥
		ANGULARIDAD	∠
		FUNCIONAMIENTO	↗
Tolerancias de localización		LOCALIZACION VERDADERA	⌖
		CONCENTRICIDAD	◎
		SIMETRIA	⌯

Fig. 18-77. Símbolos de localización y formas. (Cortesía de USASI; Y14.5-1966.)

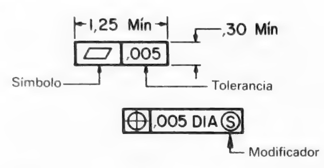


Fig. 18-78. Símbolos de control de características medidas en pulgadas.

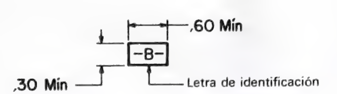


Fig. 18-80. Símbolo para identificación del plano de referencia.

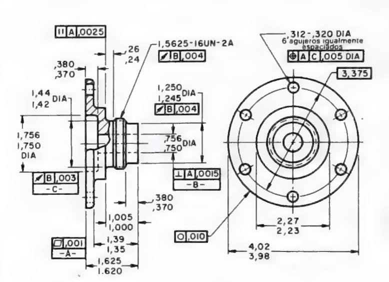
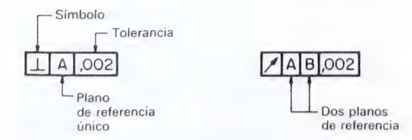


Fig. 18-81. Aplicación de los símbolos de características geométricas a un plano de detalles característicos medidos en pulgadas. (Cortesía, con las tres figuras anteriores, de USASI; Y14.5-1966.)

paralelismo implica las relaciones de un plano respecto a otro y se utiliza el segundo como plano de referencia. Las tolerancias de localización se aplican a aquellas cotas que se usan para localizar formas geométricas con respecto a determinados planos de referencia.

Los símbolos que aparecen en la fig. 18-77 especifican las características geométricas que se deben acotar y se pueden usar en vez de una nota que indique las mismas relaciones con palabras. Otros símbolos que no se muestran en esta tabla son Ⓜ para «Condición máxima de material» y Ⓢ para «Para todo tamaño nominal». Cuando estas tolerancias se indican por notas, en vez de los símbolos se usan las abreviaciones MMC y RFS. Una característica está en condición máxima de material en aquellos puntos en los cuales contiene la máxima cantidad de material. Por tanto, un hueco está en condición máxima de material en los puntos en los cuales su diámetro es mínimo. Por otra parte, un árbol estará en condición máxima de material en los puntos en los cuales su diámetro es máximo. Dos partes que acoplan serán más difíciles de ensamblar cuando ambas estén en condiciones máximas de material. Los símbolos Ⓜ y Ⓢ se usan como modificadores en los símbolos de control de características (fig. 18-78). El primer símbolo indica la característica geométrica. Junto a éste, se encuentra la tolerancia permisible. Una línea vertical separa el símbolo de la tolerancia. Cuando una tolerancia de forma o de localización sea respecto a uno o más planos de referencia, el plano de referencia debe aparecer en el símbolo. Como se puede ver en la fig. 18-79, la letra que



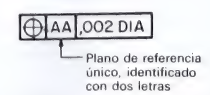


Fig. 18-79. Símbolos de control de características, a los cuales se han incorporado planos de referencia medidos en pulgadas.

representa el plano de referencia, va a continuación del símbolo que indica la característica geométrica. El plano de referencia debe indicarse mediante una letra que lo identifique, como se muestra en la fig. 18-80. Este cuadrado se fija a la superficie o a su línea de extensión. En la fig. 18-81 se ilustra la colocación de los símbolos de identificación del plano de referencia y de control de características. Los símbolos adicionales que se utilizan en las tolerancias se presentarán en las secciones siguientes.

18-41 TOLERANCIAS DE FORMA

Las variaciones de la geometría o la forma de una pieza no necesitan acotamiento tan completo como el que se indica en los ejemplos siguientes. Deben darse indicaciones para establecer las técnicas de taller que suministren la exactitud adecuada. En cuanto sea posible, deberán evitarse estrechas tolerancias para las cotas de forma de las superficies, con el objeto de disminuir esfuerzos y el costo de producción; sin embargo, en muchos casos será necesario controlar la forma de la pieza mediante tolerancias con miras a obtener la planitud, derechura, redondez o cualquier otra característica deseada.

Las figs. 18-82 a 18-87 dan ejemplos de tolerancias de forma aplicadas a formas geo-

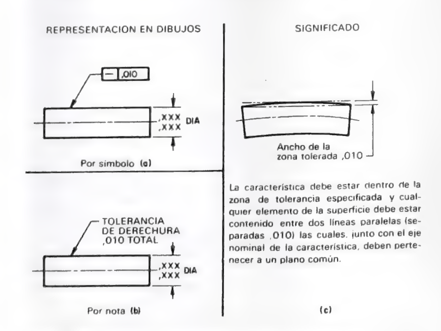


Fig. 18-82. Indicación de derechura; medido en pulgadas.

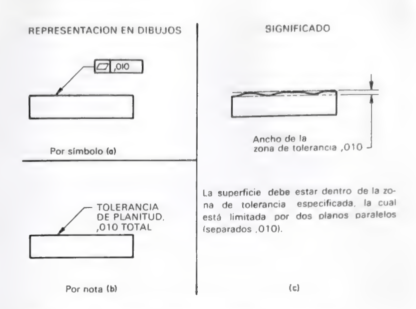


Fig. 18-83. Indicación de planitud; medido en pulgadas.

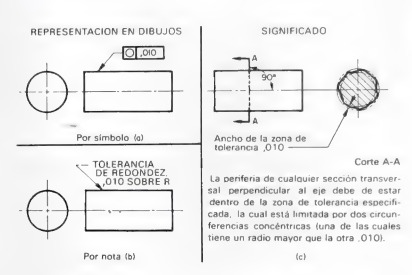


Fig. 18-84. Indicación de redondez para un cilindro; medidas en pulgadas.

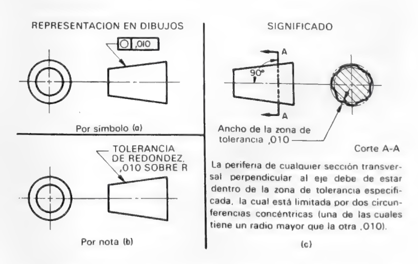


Fig. 18-85. Indicación de redondez para un cono; medidas en pulgadas. (Cortesía, con las tres figuras anteriores, de USASI; Y14.5-1966.)

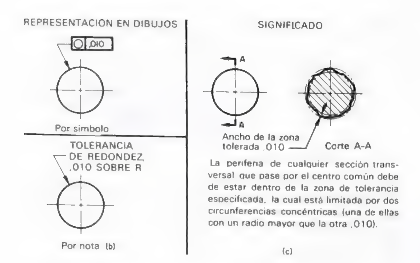


Fig. 18-86. Indicación de redondez para una esfera; medidas en pulgadas.

métricas muy usadas. En las partes A y B de estas figuras se muestran respectivamente notas y símbolos de control de características geométricas aplicadas a dibujos. La parte C, marcada «significado», explica el significado de las tolerancias especificadas.

Derechura. Una superficie es recta cuando todos los elementos que la forman son líneas rectas. En la fig. 18-82 se indica la derechura mediante una nota y un símbolo. Además del diámetro, se da una tolerancia de derechura; es decir, que se permite una variación de 0,010 para la longitud total de la parte. Obsérvese que el modificador, TOTAL, se emplea en la nota y no en el símbolo.

Planitud. Una superficie es plana cuando todos sus elementos están sobre un mismo plano. La tolerancia de planitud especifica una zona tolerada comprendida entre dos planos paralelos (fig. 18-83). Nuevamente, el modificador TOTAL se usa en la nota; esto significa que 0,010 es la tolerancia permitida para toda la longitud de la pieza.

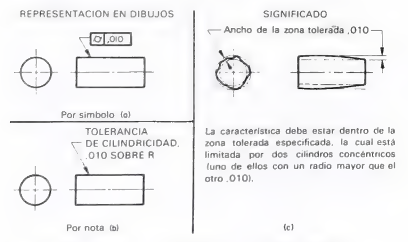


Fig. 18-87. Indicación de cilindricidad; medidas en pulgadas.

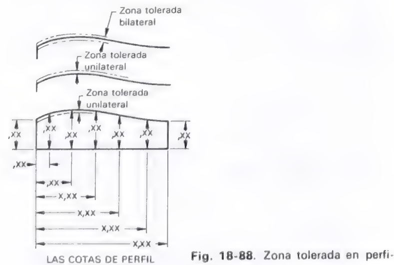


Fig. 18-88. Zona tolerada en perfiles.

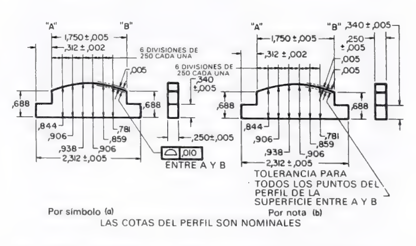


Fig. 18-89. Indicación del perfil de una superficie; medidas en pulgadas.

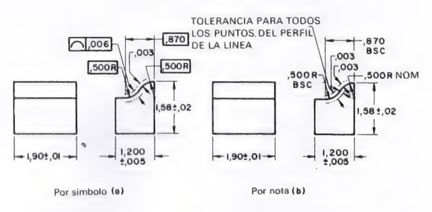


Fig. 18-90. Indicación del perfil de una línea; medidas en pulgadas. (Cortesía, con las cuatro figuras anteriores, de USASI; Y14.5-1966.)

Redondez. Una superficie de revolución (cilindro, cono o esfera) es redonda cuando todos los puntos de la superficie cortada por un plano equidistan del eje. El plano cortante puede ser (1) perpendicular a un eje común (cilindro o cono), o (2) pasar por un centro común (esfera). Una tolerancia de redondez especifica una zona tolerada contenida entre dos círculos concéntricos del plano en el cual debe estar contenida la superficie. La figura 18-84 ilustra el método para especificar la tolerancia de redondez de un cilindro. Obsérvese el modificador, SOBRE R, de la nota. Esto indica que la zona tolerada se establece mediante una medida radial.

En la fig. 18-85 se muestra la zona tolerada de redondez para un cono y, en la fig. 18-86, para una esfera. La zona tolerada para cada una de estas formas se localiza mediante una medida radial, como se indica con el modificador de la nota.

Cilindricidad. Una superficie de revolución es cilíndrica cuando todos sus elementos forman un cilindro. Una zona tolerada de cilindricidad es la zona comprendida entre los cilindros concéntricos especificados por la tolerancia (fig. 18-87). Esta zona se establece mediante una medida radial, SOBRE R.

Perfil. Las tolerancias de perfil se refieren al método de especificación de tolerancias para superficies contorneadas formadas por curvas irregulares. La tolerancia de perfil se puede aplicar a una línea o a una superficie. En la fig. 18-88 se muestra un método para acotar una curva irregular mediante una serie de coordenadas que localizan puntos sobre la superficie contorneada. Las cotas especifican si estas dimensiones, a partir de las cuales se aplican las tolerancias, son nominales o absolutamente teóricas. Las líneas espectrales se trazan a una distancia notable respecto al perfil, de manera que la zona tolerada se indique a una escala exagerada para que sea claramente visible (fig. 18-88). La tolerancia puede ser bilateral o unilateral. Este método de acotado se ilustra en la fig. 18-89. En la parte A de la figura se emplean símbolos; en la parte B, la tolerancia se da en forma

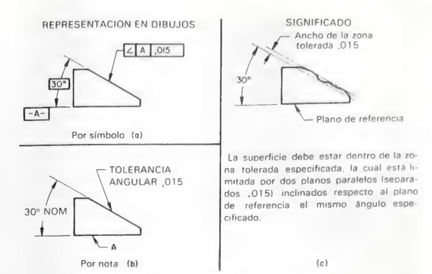


Fig. 18-91. Indicación de angularidad. (Cortesía de USASI; Y14.5-1966.)

de nota. En este caso, el perfil da la variación de la superficie que aparece de filo en la vista en la cual se indica la tolerancia. Por otra parte, la tolerancia dada en la fig. 18-90 se aplica sólo al perfil de la línea y no al plano. Puesto que esta curva está formada por arcos de circunferencia, los centros se localizan con cotas básicas sin tolerancias; las tolerancias se aplican a los radios.

Angularidad. Una superficie o línea es angular cuando forma un ángulo especificado (diferente de 90°) con un plano de referencia o eje. La zona tolerada en angularidad está contenida entre dos planos paralelos inclinados al ángulo especificado y separados por la tolerancia indicada (fig. 18-91).

Paralelismo. Una superficie o línea se considera paralela cuando todos sus puntos equidistan de un plano de referencia o eje. Hay dos tipos de paralelismo.

1) Una zona tolerada limitada por dos planos paralelos a un plano de referencia dentro de la cual deben estar contenidos el eje o la superficie (fig. 18-92). Esta tolerancia también controla la planitud y para una superficie plana representa una tolerancia de planitud no indicada.

2) Una zona tolerada cilíndrica paralela a la característica de referencia dentro de la cual debe estar contenido el eje de la característica.

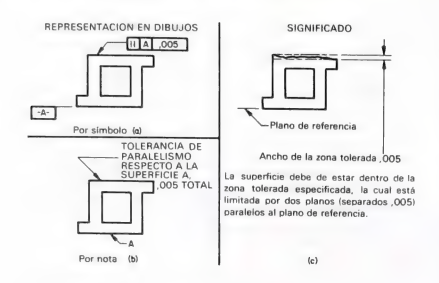


Fig. 18-92. Indicación de paralelismo.

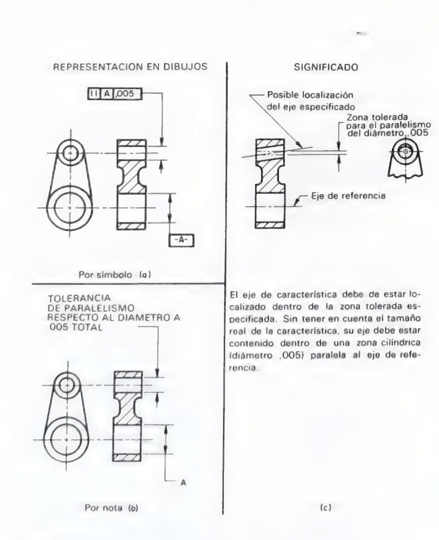


Fig. 18-93. Indicación de paralelismo.

Perpendicularidad. Se dice que los ejes, superficies o líneas que forman entre sí ángulos rectos son perpendiculares. En las figuras 18-94 y 18-95 se ilustran dos métodos para indicar la perpendicularidad.

Funcionamiento. La tolerancia de funcionamiento es un medio para controlar las relaciones funcionales de dos o más características de una pieza dentro de los errores permisibles de concentricidad, perpendicularidad y alineamiento de las características. También tiene en cuenta las variaciones en redondez, derechura, planitud y paralelismo de las superficies individuales. En esencia, establece una forma compuesta para controlar todas las características que tengan un eje común. En la fig. 18-96 se muestra un ejemplo de esta tolerancia aplicada a una pieza. Las partes C a F de la figura indican cómo se puede aplicar un indicador perpendicularmente a las superficies medidas, a medida que la pieza rota alrededor de su eje. Este es uno de los tipos de tolerancia más complicados y deberá estudiarse en mayor detalle que el sugerido en este libro (véanse las normas USASI; Y14.5-1966).

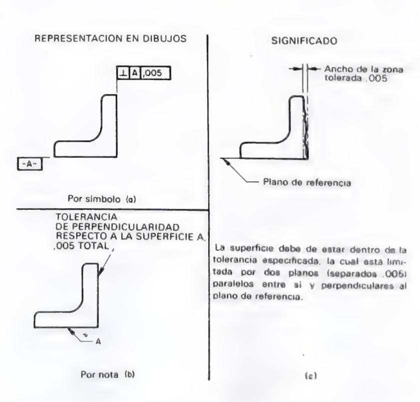


Fig. 18-94. Indicación de perpendicularidad. (Cortesía, con las dos figuras anteriores, de USASI; Y14.5-1966.)

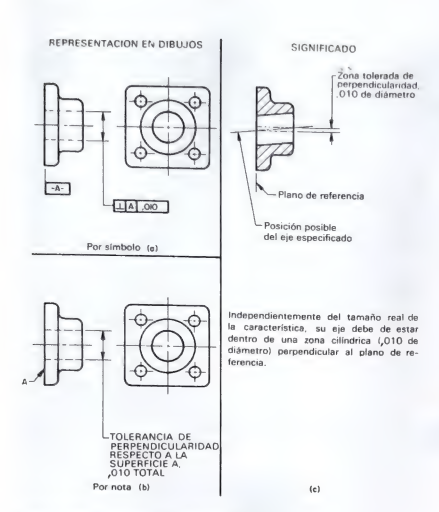


Fig. 18-95. Indicación de perpendicularidad.

18-42 TOLERANCIAS DE LOCALIZACION

Este tipo de tolerancia se aplica a la localización de características de una pieza respecto a otras características. Los tres tipos básicos de tolerancias de localización son:

1) *Posición:* localización de agujeros o ranuras con respecto a superficies;

2) *Concentricidad:* especificación de la tolerancia entre los diámetros de una pieza, cuando estos diámetros tienen una línea común de centros;

3) *Simetría:* localización de características respecto a un eje de simetría dentro de las tolerancias especificadas.

Las tolerancias de localización aplicadas a una forma geométrica (como un agujero) contenida en una pieza dada se pueden localizar mediante coordenadas, como se muestra en la fig. 18-97. La cota tolerada utilizada para localizar la posición del agujero (parte A de la figura) da una zona rectangular, la cual se ha exagerado en la parte B. El defecto de las tolerancias en coordenadas consiste en que la diagonal del cuadrado de máximas tolerancias es mayor que la tolerancia especificada 0,010, la cual se puede presentar en casos extremos. Este defecto ha sido superado por un método llamado *tolerancia de verdadera posición*. Utilizando este método, se localiza el centro del agujero (u otra característica) mediante una cota nominal (sin tolerancias) y la tolerancia se indica con un diámetro, DIA. En la fig. 18-98 se muestra cómo una tolerancia de verdadera posición produce una zona tolerada circular. Todos los puntos de una misma circunferencia están situados a igual distancia del centro verdadero, de tal manera que no existe distancia diagonal que aumente la tolerancia. La tolerancia de verdadera posi-

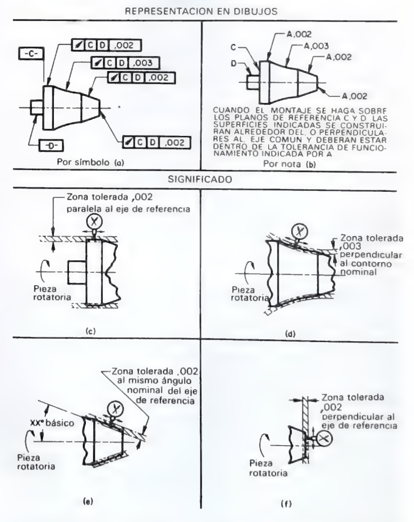


Fig. 18-96. Tolerancia de funcionamiento y su interpretación. (Cortesía, con la figura anterior, de USASI; Y14.5-1966.)

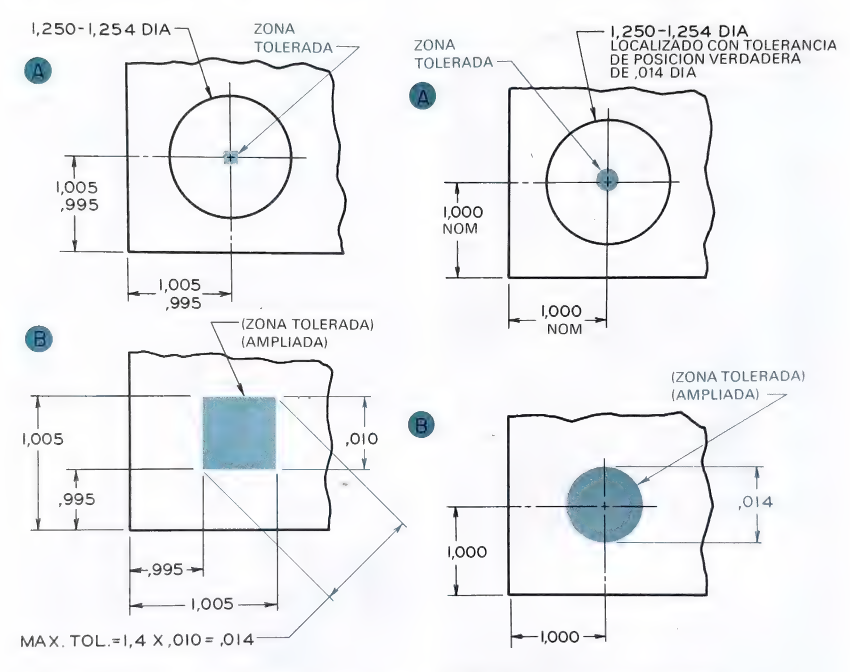


Fig. 18-97. Zona tolerada en coordenadas para la localización del centro de un agujero.

Fig. 18-98. Zona tolerada de posición verdadera.

ción permite mayor amplitud en la localización de la situación del agujero, una tolerancia de 0,014 en diámetro, además de mantener el mismo grado de exactitud del método de las coordenadas; es decir, que si se utiliza para el método de verdadera posición la misma zona tolerada (como tolerancia en diámetro), en otras palabras, 0,010, que se empleó en el método de las coordenadas, el agujero estará localizado con mayor grado de exactitud, puesto que se elimina la diagonal de la zona tolerada cuadrada. En la fig. 18-99 se muestra un ejemplo de aplicación de tolerancia de verdadera posición a un agujero. Obsérvese que las cotas verdaderas se marcan NOM o se encuentran en un rectángulo, con lo cual se indica que son exactas sin tolerancia. La zona tolerada se puede indicar con un radio o un diámetro. Cuando se usa un radio, la posición del agujero de la fig. 18-99 se indicará así: -XXX- XXX DIA. TOLERANCIA DE VERDADERA POSICION 0,007R.

La zona tolerada circular se representa en la vista circular y se supone que es aplicable a toda la extensión del agujero. El eje del agujero se puede localizar con su centro en

la parte extrema de la zona cilíndrica o puede tener una variación angular, siempre y cuando el eje del agujero no esté fuera del cilindro de tolerancia. El tamaño del agujero y su posición también se indican con tolerancias; en consecuencia, estas dos tolerancias se aplican para encontrar el cilindro A, como se muestra en la fig. 18-100. El círculo se obtiene restando la tolerancia de verdadera posición, utilizando el método del diámetro, del diámetro del agujero en la condición máxima de material (el agujero de diámetro mínimo). Esta zona representa la condición menos favorable cuando la pieza se va a ensamblar con otra, tomando un plano de referencia común. Cuando el agujero no está en MMC, es, por supuesto, de mayor diámetro, permitiendo una tolerancia alta y un ensamblaje más fácil. En la fig. 18-101 se muestra un ejemplo de verdadera posición aplicada a la localización de agujeros igualmente espaciados. El cilindro que contiene los centros es la cota nominal y el agujero se localiza con una tolerancia de verdadera posición de 0,020.

Concentricidad. Varias superficies de revolución son concéntricas cuando tienen un eje común. Las tolerancias de concentricidad se especifican como se muestra en la fig. 18-102 y se utilizan para posicionar características coaxiales respecto a un eje de común rotación. A no ser que exista una necesidad definida de control de los ejes, este control debe indicarse como una tolerancia de funcionamiento, y no como una tolerancia de verdadera posición como se muestra.

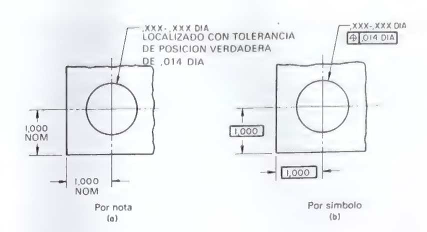


Fig. 18-99. Tolerancia de posición verdadera.

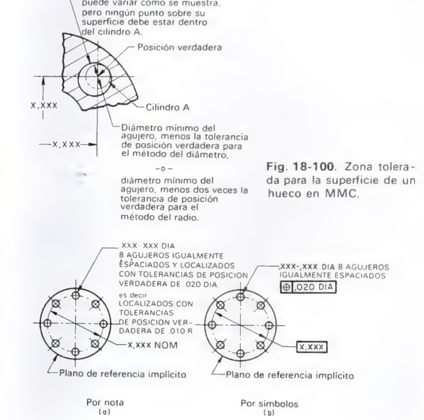


Fig. 18-100. Zona tolerada para la superficie de un hueco en MMC.

Fig. 18-101. Localización de agujero por posición verdadera.

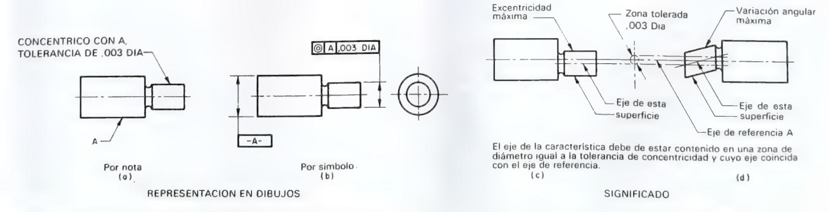


Fig. 18-102. Representación de concentricidad y su significado. (Cortesía, con las tres figuras anteriores, de USASI; Y14.5-1966.)

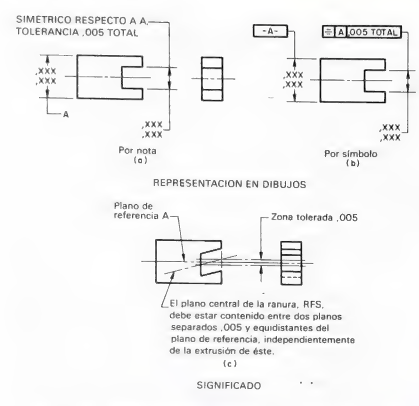


Fig. 18-103. Representación de la simetría y su significado. (Cortesía de USASI; Y14.5-1966.)

Simetría. Una pieza o característica es simétrica cuando tiene el mismo contorno y tamaño en lados opuestos de un plano central. En efecto, una tolerancia de simetría localiza o posiciona características con respecto a un plano de referencia. En la fig. 18-103 se ilustra el método para especificar esta tolerancia mediante nota o símbolo. La concentricidad y la simetría están íntimamente relacionadas con las tolerancias de forma, aun cuando se les considera primeramente como tolerancias de localización.

18-43 ELEMENTOS ROSCADOS

Los elementos roscados se usan extensamente en la fabricación de casi todos los diseños de ingeniería. Los tornillos suministran un método relativamente rápido y fácil para mantener unidas dos partes y para ejercer una fuerza que se pueda utilizar para ajustar partes movibles. Para que un sistema roscado cumpla con esta función, deben existir dos partes: una rosca interna y una rosca externa. Las roscas internas pueden tallarse dentro de una parte tal como el bloque de un motor o, más comúnmente, dentro de una tuerca. Cuando es posible, las piezas roscadas, tuercas y tornillos utilizados en proyectos industriales son piezas estándar que se pueden obtener de muchas fuentes. El empleo de piezas estándar reduce los gastos de fabricación y aumenta las posibilidades de intercambiar piezas. Este último factor es muy importante en trabajos de reparación o sustitución de piezas averiadas.

Piezas roscadas hechas en diferentes países o por diferentes fabricantes dentro del mismo país pueden tener roscas de diferentes especificaciones que no encajan unas con otras. Este problema no ha sido completamente resuelto; sin embargo, se progresa hacia el establecimiento de un estándar internacional para piezas roscadas. Estos refuerzos han dado lugar a la adopción, en los Estados Unidos, la Gran Bretaña y el Canadá, del *sistema unificado de roscas* (Estándar ABC), el cual es una mofificiación de la rosca americana estándar y de la rosca de Whitworth.

18-44 DEFINICIONES DE LA TERMINOLOGIA DE ROSCAS

En las secciones subsiguientes se expondrán los usos y los métodos para representar tornillos. Los términos empleados y definidos a continuación se ilustran en la fig. 18-104.

Rosca externa es una rosca en la superficie externa de un cilindro, tal como un tornillo (fig. 18-105).

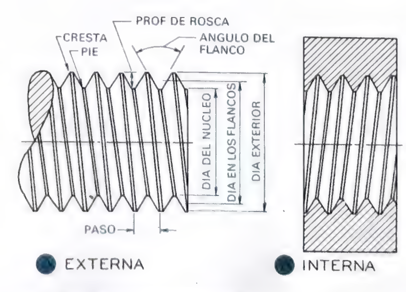


Fig. 18-104. Terminología de las roscas.

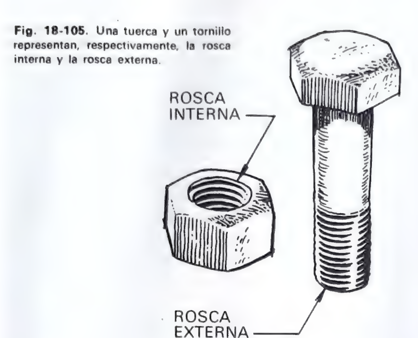


Fig. 18-105. Una tuerca y un tornillo representan, respectivamente, la rosca interna y la rosca externa.

Rosca interna es una rosca tallada en el interior de una pieza, tal como en una tuerca (figura 18-105).

Diámetro exterior es el mayor diámetro de una rosca interna o externa.

Diámetro del núcleo es el menor diámetro de una rosca interna o externa.

Diámetro en los flancos es el diámetro de un cilindro imaginario que pasa por los filetes en el punto en el cual el ancho de éstos es igual al espacio entre los mismos.

Paso es la distancia entre las crestas de dos filetes sucesivos. El paso se encuentra matemáticamente, dividiendo una pulgada entre el número de filetes por pulgada del tornillo en consideración.

Cresta es el filo de los filetes de un tornillo.

Angulo del flanco es el ángulo comprendido entre dos filetes, el cual es hecho por la herramienta de corte.

Pie es la parte inferior del filete.

Perfil de rosca es la configuración de la rosca en un corte axial.

Serie de roscas es el número de filetes por pulgada para un diámetro particular.

Calidad de rosca es el juego entre dos partes roscadas que se aparean. La clase 1 representa un ajuste flojo y la clase 3 un ajuste hermético.

Rosca a derechas es una rosca que avanza cuando se la gira en sentido horario. Una rosca a derechas tiene los filetes inclinados hacia abajo de derecha a izquierda cuando es externa y al contrario cuando es interna.

Rosca a izquierdas es una rosca que avanza cuando se la gira en sentido antihorario. Una rosca izquierda tiene los filetes inclinados hacia abajo de izquierda a derecha cuando es externa y al contrario cuando es interna.

18-45 DESIGNACION DE ROSCAS

Perfil. El perfil de rosca es la configuración de la misma vista en corte longitudinal, como se ilustra en la fig. 18-106. El perfil unificado, que es una combinación del Nacional Americano y el Whitworth inglés, es el más utilizado,

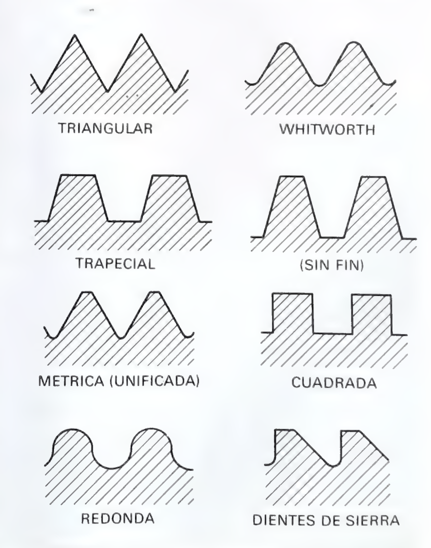


Fig. 18-106. Perfiles de rosca normalizados.

puesto que se ha normalizado en varios países; se hace referencia a él con UN en abreviaciones y notas de rosca. El Nacional Americano se indica con la letra N.

La transmisión de potencia se lleva a cabo mediante las roscas *trapecial, cuadrada, de dientes de sierra* y *B & S Worm* (o *sinfín*). Estas roscas se usan comúnmente en engranajes y otras piezas de maquinaria. La rosca *triangular* se utiliza en juegos de tornillos y en aquellas aplicaciones en las cuales se desea fricción en el ensamblaje. La *redonda* es una rosca para montajes rápidos, utilizada en pequeños conjuntos tales como bombillas y tapas de botellas.

Series. Las series de roscas están íntimamente relacionadas con el perfil de rosca, designando el tipo de rosca especificada para una aplicación dada.

Hay seis series de roscas listadas en la forma Nacional Americana y Nacional Unificada. Estas seis series y sus abreviaturas son: ordinaria (C); fina (F); extrafina (EF); paso 8 (8); paso 12 (12) y paso 16 (16).

La serie ordinaria de la rosca Nacional Unificada se especifica con UNC, que es una combinación de forma y serie en una sola nota. Análogamente, la serie ordinaria de la rosca Nacional Americana se escribe NC. Las series de rosca ordinaria (UNC y NC) son apropiadas para tornillos, tuercas y para uso general en hierro fundido y metales blandos o plásticos donde se desea un ensamblaje rápido. Las series de rosca *fina* (NF y UNF) son apropiadas para tornillos, pernos y tuercas en los cuales se necesita un ajuste bastante restringido. Las series *extrafinas* (UNEF y NEF) se emplean para aplicaciones que tengan que soportar esfuerzos elevados. Estas series se recomiendan para láminas metálicas, tuercas delgadas, abrazaderas o acoplamientos cuando la longitud de acople es limitada.

Las series roscadas de paso 8 (8N), paso 12 (12N ó 12UN) y de paso 16 (16N ó 16UN) son roscas de paso uniforme para grandes diámetros. La 8N se utiliza como sustituto de la serie de roscas ordinarias, en diámetros mayores de 1", cuando se necesita un paso de rosca medio. La 12N se usa en diámetros mayores de $1^1/_2$", con una rosca de paso medio fino, como continuación de la serie de rosca fina. La serie 16N se usa en diámetros mayores de 2", con roscas de paso fino, como continuación de la serie extrafina.

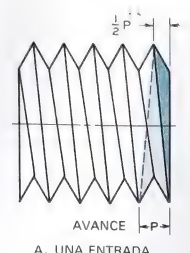
Clase de ajuste. La calidad de la rosca se usa para indicar la holgura o juego entre tornillo y tuerca o entre dos piezas roscadas que acoplan. Este juego se determina de los ajustes y tolerancias permisibles aplicados a las roscas. Las clases de ajustes se indican con los números 1, 2 ó 3 seguidos de las letras A o B. La letra A representa una rosca externa, mientras que la B representa una rosca interna. Estas letras se omiten cuando se usa la forma Nacional Unificada.

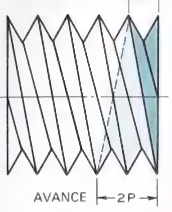
Las clases 1A y 1B se emplean en piezas en las cuales se necesita un ensamblaje con un mínimo de ajuste.

Las clases 2A y 2B son roscas para usos generales en tornillos, tuercas y aplicaciones nominales en el campo de la mecánica; se utilizan ampliamente en las industrias de producción en serie.

Las clases 3A y 3B se utilizan en conjuntos de precisión cuando se necesita un buen ajuste para evitar esfuerzos y vibraciones.

Rosca de una y varias entradas. Una *rosca de una entrada* (fig. 18-107A) es una rosca que avanza una distancia de un paso por cada 360° de giro. En otras palabras, su paso es igual a su avance. En el dibujo de una rosca de una entrada, la línea de la cresta del filete tendrá una pendiente de $^1/_2$P, puesto que en una vista sólo son visibles 180° de la rotación. Una rosca de doble entrada está formada por dos filetes, con lo cual se obtiene un avance igual a 2P; esto significa que la parte roscada avanzará una distancia 2P por cada 360° de rotación (fig. 18-107B). La línea de la cresta de los filetes de una rosca de doble entrada tendrá una pendiente igual a P en la vista en la cual se vean 180° de giro. Igualmente, una rosca de tres entradas avanzará 3P en 360° de giro con





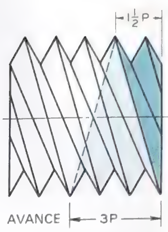


Fig. 18-107. Rosca de una y varias entradas.

la línea de cresta de los filetes inclinada $1\frac{1}{2}$P en la recta en el cual sean visibles 180° del cilindro (fig. 18-107C). El avance de una rosca de dos entradas es 2P; el de una de tres entradas es 3P. Aunque la transmisión de potencia disminuye en las roscas de varias entradas, se las utiliza algunas veces cuando se necesita un avance rápido.

Notas de roscado. Las roscas pueden dibujarse aproximadamente o mostrarse en fotografías, pero el aspecto más importante de la representación de roscas es la nota de roscado, en la cual se dan las especificaciones. Esta es la información que se utiliza para fabricar la rosca o para escoger la parte roscada entre las piezas de inventario disponibles. Sería poco práctico, o casi imposible, representar roscas gráficamente de manera que indiquen completamente todas las especificaciones necesarias. En la fig. 18-108 se muestra una nota de roscado característica aplicada a una rosca externa. La parte más importante de la nota es el diámetro exterior, el cual ocupa el primer lugar, seguido por el número de filetes por pulgada, a partir del cual se calcula el paso y la serie o perfil de rosca (UNC). En una rosca a derechas de una entrada, la nota queda completa cuando se anota el tipo de ajuste. Sin embargo, si la rosca es de dos entradas o a izquierdas, se debe añadir a la nota esta información. Para las roscas de más de una entrada, las palabras DOS ENTRADAS o TRES ENTRADAS deberán colocarse después del LH.

Estas notas deben colocarse en todas las roscas que aparecen en un plano de fabricación, puesto que es la información que se utiliza para su elaboración. En cuanto sea posible, deberán aplicarse a las roscas internas en la vista circular (mediante una línea de referencia).

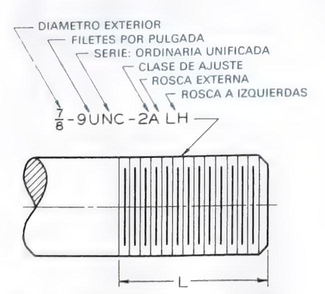


Fig. 18-108. Partes de una nota de roscado.

18-46 REPRESENTACION DE ROSCAS

Si las roscas se presentaran como proyecciones verdaderas, deberían dibujarse como una serie de curvas helicoidales. Puesto que este procedimiento exigiría considerable tiempo de dibujo, los métodos actualmente utilizados para representar roscas en un plano de fabricación son aproximaciones o símbolos de roscado. Los tres tipos principales de representación

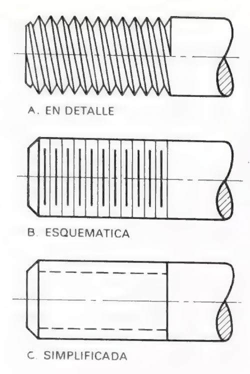


Fig. 18-109. Los tres tipos principales de representación de roscas.

de roscas son (1) en detalle, (2) esquemática y (3) simplificada (fig. 18-109). La representación en detalle es la aproximación más real a la apariencia verdadera de la rosca, mientras que la simplificada es la más simbólica.

18-47 ROSCAS UN Y UNC EN DETALLE

En la fig. 18-110 se muestran ejemplos de roscas internas y externas en detalle. En vez de curvas helicoidales se utilizan líneas rectas para indicar las líneas de la cresta y del pie de la rosca. En esta forma de representación, las roscas internas en corte se pueden indicar de dos maneras. Las notas de roscado se aplican en todos los casos, independientemente de la representación utilizada.

En la fig. 18-111 se muestra la construcción de una rosca en detalle. El paso se encuentra dividiendo 1" por el número de pasos por pulgada. Esto se puede hacer gráficamente como se muestra en el paso 1. Sin embargo, en muchos casos, esta construcción es innecesaria, puesto que el paso se puede aproximar usando una medida cercana al paso verdadero medido directamente de una escala, o utilizando el compás de puntas para las divisiones. La representación no es más que un símbolo utilizado para mostrar una rosca; ésta elimina la necesidad de un gasto excesivo de tiempo de dibujo, el cual sería necesario si las roscas se dibujaran ceñidas rígidamente a las especificaciones. Además, cuando los filetes son muy cercanos, a propósito se dibujan un poco más separados para facilitar el proceso de dibujo. Los pasos sucesivos de la fig. 18-111 ilustran la representación en detalle de una rosca externa. Obsérvese que en el paso 4 se usa un chaflán de 45° para indicar un bisel del extremo roscado, el cual proporciona facilidad de montaje de las partes roscadas. El chaflán tiene su origen en el diámetro interior y se dibuja a 45°.

18-48 ROSCA CUADRADA EN DETALLE

El método para dibujar en detalle una rosca cuadrada se muestra en cuatro pasos en la figura 18-112. Este método da una aproximación de la verdadera proyección de una rosca cuadrada.

Paso 1. Se traza el diámetro *exterior*. El número de filetes por pulgada se toma del Apéndice 14 para este tamaño de rosca. El paso *P* se encuentra dividiendo 1" por el número de filetes por pulgada. Se marcarán con compás de puntas varias distancias iguales a *P*/2.

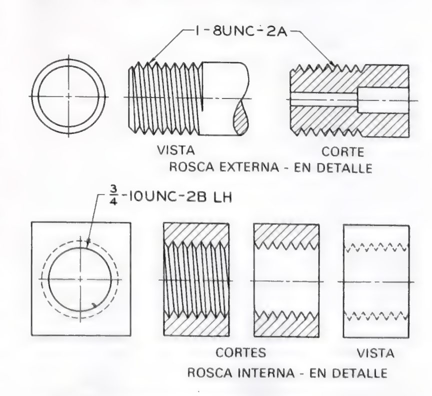
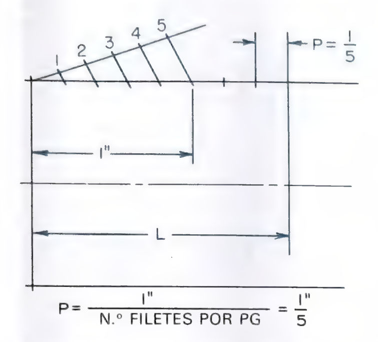


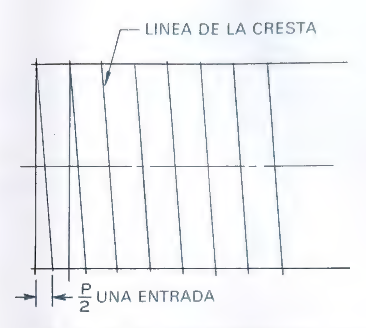
Fig. 18-110. Representación de roscas en detalle.

FIG. 18-111. TRAZADO DE ROSCAS EN DETALLE

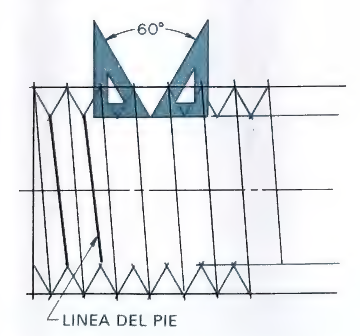


Se pide: Trazar una representación en detalle de la rosca especificada mediante la nota $1^3/_4$-5UNC-2A.

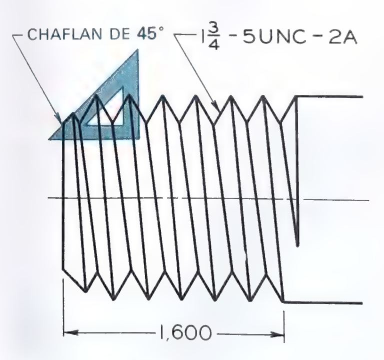
Paso 1: Se traza el diámetro exterior. El paso se determina dividiendo 1 por el número de filetes por pulgada (encontrado en la tabla del apéndice 12). El paso se transporta sobre la longitud total de rosca, L, con el compás de puntas.



Paso 2: Como la rosca es a derechas, las líneas de la cresta tendrán pendiente hacia abajo y a la derecha. El incremento de pendiente será $^1/_2$P, ya que la rosca es de una sola entrada. Las líneas de las crestas se dibujan paralelas, como se muestra. Estas líneas, dibujadas con un lápiz de dureza media (H-F), son líneas definitivas del dibujo.

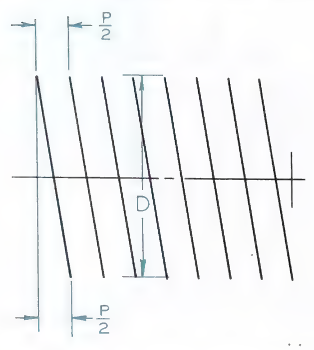


Paso 3: Entre las líneas de las crestas se dibujan rectas a 60° para establecer las líneas del pie, que serán paralelas entre sí pero no con las líneas de las crestas. En este paso se pueden trazar las líneas del pie como definitivas, usando un lápiz de dureza igual a la del lápiz con que se trazaron las líneas de las crestas.

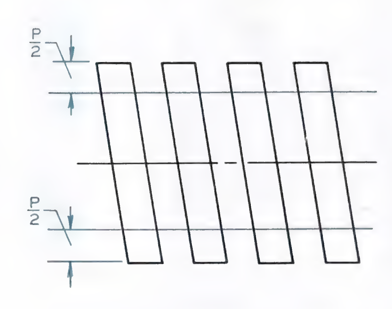


Paso 4: A partir del diámetro interior en el extremo de la rosca, se traza un chaflán de 45°. Todas las líneas se retiñen hasta una intensidad aceptable. Se adjunta la nota de roscado para dar las especificaciones de la rosca.

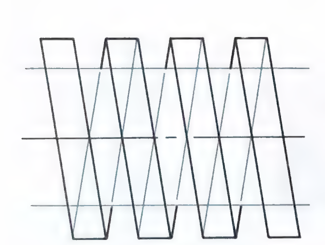
FIG. 18-112. TRAZADO DE LA ROSCA CUADRADA



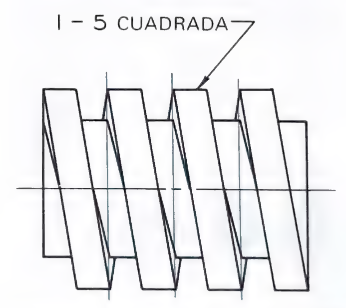
Paso 1: Trace el diámetro exterior. Separe las líneas de las crestas a una distancia igual a $^1/_2 P$. Trácelas inclinadas hacia abajo y a la derecha si la rosca es a derechas.



Paso 2: Una las líneas de las crestas por parejas. Encuentre el diámetro interior midiendo $^1/_2 P$ hacia adentro a partir del diámetro exterior.



Paso 3: Una las líneas de las crestas con líneas suaves de construcción. Así se obtendrá el perfil de la rosca.



Paso 4: Una las líneas de las crestas internas con líneas suaves de construcción para localizar sobre el diámetro interior los puntos en los cuales la rosca se envuelve sobre el diámetro menor. Añada la nota de roscado.

Paso 2. El diámetro *interior* se encuentra tomando la distancia $P/2$ a partir del diámetro exterior. Se dibujan los extremos de la rosca.

Paso 3. Una los extremos de la rosca con líneas diagonales de construcción. Se dibujan líneas visibles entre el diámetro mayor y el diámetro menor para representar la parte visible de los filetes de la parte posterior.

Paso 4. El interior de cada filete se une con el interior del filete opuesto con una línea suave de construcción. Esta línea sitúa sobre el diámetro menor dos puntos que se utilizan

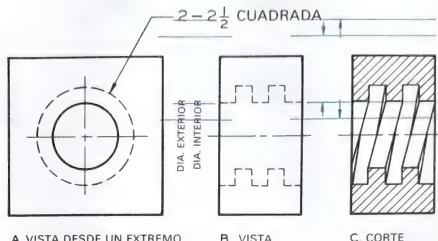


Fig. 18-113. Rosca cuadrada interna.

para dibujar las partes visibles de las líneas del pie. Una vez que éstas se han dibujado, se adjunta la nota de roscado para completar el dibujo.

Las roscas interiores cuadradas se trazan de la misma manera, como se muestra en la fig. 18-113. Obsérvese que los filetes en la vista en corte se dibujan de manera ligeramente distinta. En cuanto sea posible, la nota de roscado se coloca en la vista circular con la línea de referencia dirigida hacia el centro.

Cuando una rosca cuadrada es bastante larga, no es necesario dibujarla totalmente; se puede representar utilizando el método mostrado en la fig. 18-114.

18-49 ROSCA TRAPEZOIDAL EN DETALLE

En la fig. 18-115 se muestran los cuatro pasos necesarios para dibujar en detalle la rosca trapezoidal.

Paso 1. Trace la longitud de roscado y el diámetro exterior con líneas suaves de construcción. En la tabla del Apéndice 14 encuentre el paso, dividiendo 1" por el número de filetes por pulgada. Utilizando líneas suaves de construcción, marque una serie de dimensiones separadas $^1/_2 P$.

Paso 2. Localice el diámetro interior tomando una distancia 1 $^1/_2$P a partir de cada extremo del diámetro mayor. Trace una línea intermedia entre el diámetro menor y el mayor, situada a una distancia $^1/_2\ P$ de este último.

Paso 3. Por los puntos de corte de las líneas intermedias, diámetro primitivo, con las líneas verticales, trace líneas inclinadas 15° con la vertical para obtener los flancos de la rosca. El ángulo total de la cresta es de 30°. Si la rosca es a derechas, una las crestas con líneas paralelas inclinadas $^1/_2 P$ hacia abajo y a la derecha.

Paso 4. Para terminar el dibujo trace las líneas de la raíz. Para completar las especificaciones añada la nota de roscado.

En la fig. 18-116 se muestran roscas trapezoidales internas. Obsérvese que, en la vista en corte, la rosca interna a izquierdas tiene una inclinación que la hace aparecer como una rosca externa a derechas.

La fig. 18-117 muestra un árbol que se está roscando en un torno. Las roscas trapezoidales se tallan a medida que la herramienta recorre la longitud del árbol.

18-50 REPRESENTACION ESQUEMATICA

En la fig. 18-118 se muestran ejemplos de representación esquemática de roscas internas

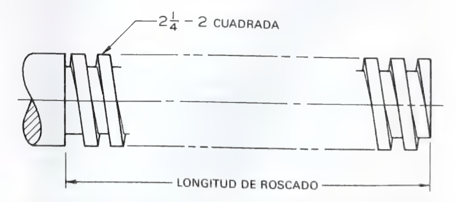
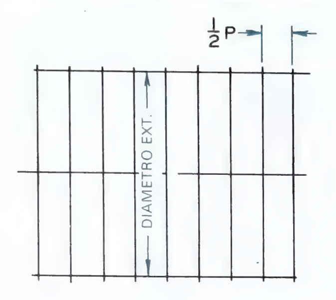
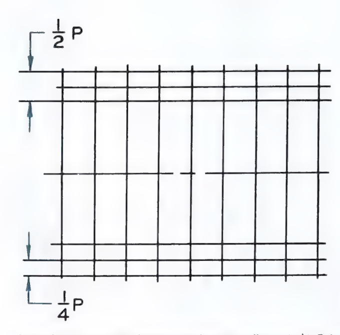


Fig. 18-114. Método convencional de mostrar una rosca cuadrada sin dibujar todos los filetes.

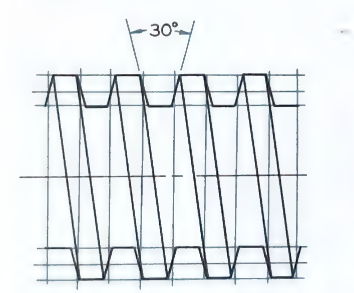
FIG. 18-115. TRAZADO DE LA ROSCA TRAPEZOIDAL



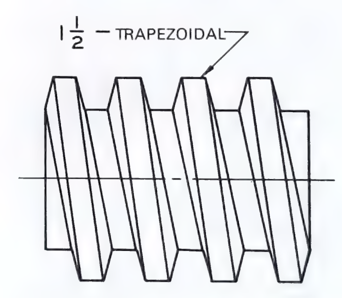
Paso 1: Dibuje el diámetro exterior y divida la longitud en divisiones iguales, separadas $^1/_2P$.



Paso 2: Localice el diámetro interior a una distancia $^1/_2P$ hacia adentro del diámetro exterior. Localice el diámetro primitivo intermedio entre los diámetros interior y exterior.



Paso 3: Por los puntos de intersección de las verticales y el diámetro, trace líneas que formen entre sí 30° (15° a cada lado). Dibuje las crestas y el perfil de la rosca.



Paso 4: Retiña las líneas y añada la nota de roscado para completar el dibujo de la rosca trapezoidal.

y externas. Obsérvese que los filetes están representados por líneas paralelas, no inclinadas, ya que éstas no muestran cuándo la rosca es a derechas o a izquierdas. Esta información se da en la nota de roscado. Puesto que esta representación es fácil de dibujar y da una buena representación simbólica de la rosca, generalmente es la más usada como símbolo de roscado.

En la fig. 18-119 se muestra esquemáticamente en cuatro pasos el método para trazar roscas.

Paso 1. Se dibuja el diámetro exterior de la rosca con líneas suaves de construcción. El paso se encuentra por construcción gráfica o por apreciación, ya que la exactitud no es

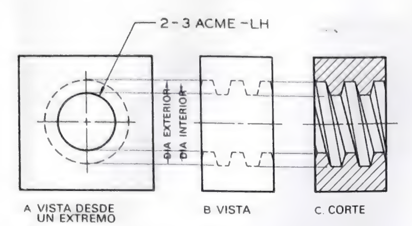


Fig. 18-116. Roscas trapezoidales internas.

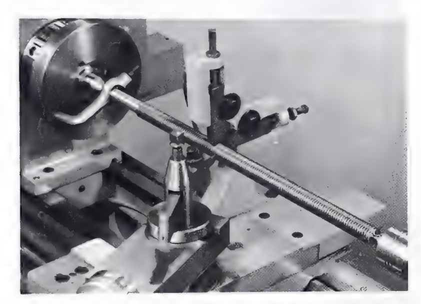


Fig. 18-117. Tallado de una rosca trapezoidal en un torno. (Cortesía de Clausing Corporation.)

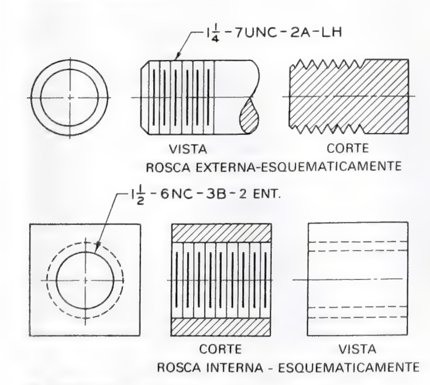
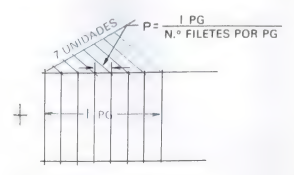
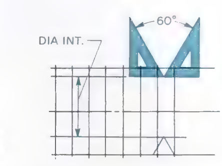


Fig. 18-118. Representación esquemática de roscas.

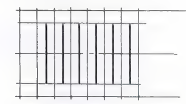
FIG. 18-119. TRAZADO ESQUEMATICO DE ROSCAS



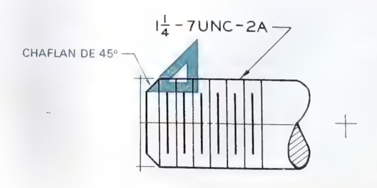
Paso 1: Dibuje el diámetro exterior y divida la longitud en divisiones iguales, separadas una distancia P. Las líneas correspondientes a las divisiones serán las líneas de las crestas; se deben dibujar con líneas delgadas.



Paso 2: Encuentre el diámetro menor, trazando un ángulo de 60° entre dos crestas.



Paso 3: Dibuje con líneas gruesas las líneas del pie intercaladas entre las líneas de las crestas.



Paso 4: Achaflane el extremo de la rosca y coloque la nota de roscado.

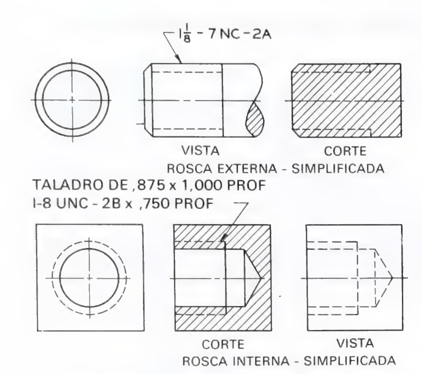


Fig. 18-120. Representación simplificada de roscas.

factor importante. A través del diámetro se dibujan líneas suaves que representan las crestas.

Paso 2. Trazando un ángulo de 60° entre dos líneas de cresta, se encuentra el diámetro interior de la rosca. El diámetro interior se dibuja con líneas de construcción.

Paso 3. A través del diámetro menor se dibujan líneas gruesas que representan las líneas del pie de la rosca.

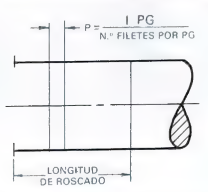
Paso 4. A partir del último filete completo se traza un chaflán a 45° hasta el diámetro interior. Se retiñen las líneas y se agrega la nota de roscado para completar el dibujo.

18-51 ROSCA SIMPLIFICADA

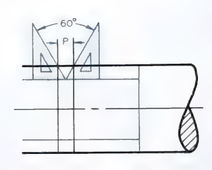
La figura 18-120 ilustra la aplicación de la representación simplificada con notas para especificar los detalles de roscado. De los tres tipos de representación aquí tratados, éste es el más fácil de dibujar. Para representar el diámetro interior se usan líneas invisibles que pueden colocarse a ojo para aproximar dicho diámetro.

En la fig. 18-121 se muestran los pasos

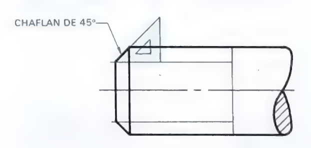
FIG. 18-121. TRAZADO SIMPLIFICADO DE ROSCAS



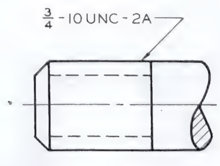
Paso 1: Dibuje el diámetro exterior. Encuentre el paso *P* y trace dos rectas separadas una distancia *P*.



Paso 2: Encuentre el diámetro menor, mediante construcción de un ángulo de 60° entre las dos lineas.



Paso 3: Dibuje un chaflán de 45° desde el diámetro interior hasta el diámetro exterior.



Paso 4: Trace el diámetro interior con líneas invisibles. Añada la nota de roscado.

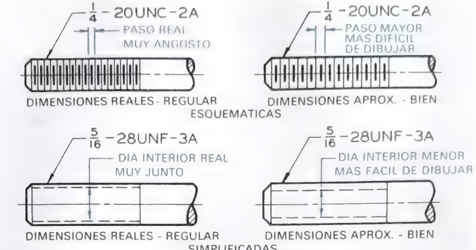


Fig. 18-122. Las roscas simplificadas pueden dibujarse utilizando dimensiones aproximadas si las dimensiones reales originan líneas muy cercanas entre sí.

seguidos para trazar simplificadamente una rosca.

Paso 1. Se traza el diámetro exterior con líneas de contorno. Se encuentra el paso, para establecer la distancia entre las líneas de las crestas.

Paso 2. Se traza un ángulo de 60° entre estas crestas y a cada lado del redondo, para localizar el diámetro menor. Este diámetro se dibujó con líneas suaves de construcción.

Paso 3. A partir del diámetro menor y hasta el diámetro mayor se dibujó un chaflán de 45°.

Paso 4. Para representar el diámetro interior se dibujaron líneas invisibles.

18-52 TRAZADO DE ROSCAS PEQUEÑAS

Puede resultar muy difícil el dibujar roscas muy pequeñas en sus dimensiones reales, sin que las líneas de las crestas y del pie se toquen. Esto es verdadero si se usa la representación simplificada o la esquemática.

En vez de usar las dimensiones exactas para dibujar una rosca pequeña, se pueden trazar a ojo los diámetros interiores más pequeños, para separar las líneas de la cresta y del pie, como se ilustra en la fig. 18-122. Este procedimiento hace que el dibujo sea más fácil de interpretar y de dibujar. La exactitud no es importante, ya que el dibujo es sólo una representación simbólica de la rosca. El dibujante deberá desarrollar su habilidad para representar roscas simbólicamente, a ojo, con lo cual ahorrará tiempo de dibujo.

Para dar las especificaciones necesarias y completar la descripción de la parte roscada, tanto en roscas internas como externas se adjunta la nota de roscado a la representación simbólica.

18-53 TUERCAS Y TORNILLOS

Las tuercas y los tornillos se producen en variados tamaños y formas para diferentes aplicaciones (fig. 18-123). En la fig. 18-124, aparecen dibujos de los tipos más comunes de retenedo-



Fig. 18-123. Ejemplos de tuercas y tornillos. (Cortesía de Russell, Burdsall & Ward Bolt and Nut Company.)

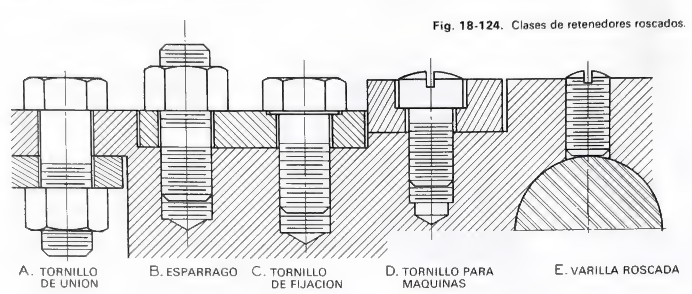


Fig. 18-124. Clases de retenedores roscados.

res roscados. Un *tornillo* de unión es un cilindro roscado con cabeza y una tuerca, que se usa para mantener dos o más piezas juntas (fig. 18-124A). Un *espárrago* no tiene cabeza; está roscado parcialmente y tiene una tuerca atornillada en un extremo (fig. 18-124B). El *tornillo de fijación* es parecido al de unión, pero no tiene tuerca, ya que se atornilla a un miembro con rosca interna, con lo cual se obtiene mayor resistencia (fig. 18-124C). El *tornillo para máquinas* es parecido al tornillo para fijación, pero es menor. La varilla roscada se usa para ajustar un miembro respecto a otro, generalmente para impedir un movimiento rotatorio.

En la fig. 18-125 se ilustran los tipos de cabezas utilizadas en tornillos y tuercas. Estas cabezas se usan en todas las tres series de tornillos: *regular*, *débil* y *fuerte*. El grosor de la cabeza es la diferencia principal entre las tres series. Los tornillos de la serie fuerte tienen las cabezas más gruesas y se usan en los



Fig. 18-125. Clases de acabado para cabezas de tornillos y tipos de tuercas.



Fig. 18-126. Tipos comunes de cabezas para tuercas y tornillos.

sitios en los cuales las cargas son elevadas. Los tornillos y tuercas se clasifican en *acabados*, *semiacabados* y *sin acabar*. La fig. 18-125 muestra una cabeza sin acabar; es decir, que ninguna de sus superficies ha sido maquinada. La cabeza semiacabada tiene un asiento para arandela de 0,4 mm de espesor para suministrar una huella circular en la superficie de contacto del tornillo o tuerca. Los tornillos acabados tienen una apariencia como la de los semiacabados, pero han sido maquinados de manera que estén conformes con las tolerancias prescritas.

En la fig. 18-126 se ilustran otras formas normalizadas de cabezas para tornillos. Estas

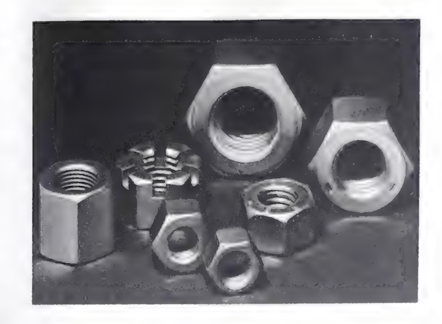


Fig. 18-127. Ejemplos de una gran variedad de tuercas que se consiguen para aplicaciones especiales. (Cortesía de Russell, Burdsall and Ward Bolt and Nut Company.)

cabezas se usan principalmente en tornillos de fijación y para máquinas. Para la selección de la cabeza apropiada para una aplicación determinada, existen y se pueden conseguir gran cantidad de tablas y normas. En la fig. 18-125 se ilustran los tipos de tuercas normalizadas. Estas tuercas se pueden maquinar para obtener asientos para arandelas en las series acabada y semiacabada. La tuerca hexagonal con doble biselado carece de un asiento para arandela, pero está achaflanada por ambas caras.

En la fig. 18-127 se muestra una fotografía de varios tipos de tuercas. Para aplicaciones menos comunes se encuentran muchos más tipos especializados de cabezas y tuercas.

18-54 TRAZADO DE UNA CABEZA CUADRADA

En el Apéndice se encuentran tablas detalladas de los diferentes tipos de partes roscadas, las cuales se pueden obtener también en las normas publicadas. En muchos casos, sólo es necesario dibujar las tuercas y tornillos, empleando sólo sus proporciones generales. Este método se describirá a continuación.

El primer paso para dibujar una tuerca o la cabeza de un tornillo es determinar si se va a hacer *entre aristas* o *entre lados*. En otras palabras, los dos extremos de la vista, ¿representarán aristas o representarán la vista de los lados de la parte? La cabeza de la figura 18-128 se ha dibujado entre aristas. En cuanto sea posible, las tuercas y los tornillos deberán dibujarse entre aristas; esta clase de dibujo da una mejor representación que cuando se dibuja entre lados.

Paso 1. El diámetro del tornillo se emplea como base de la mayoría de las construcciones necesarias para dibujar la cabeza de un tornillo. El espesor de una cabeza de tornillo corriente es igual a los dos tercios del diámetro del tornillo. La distancia entre dos lados de la cabeza es igual a $1\,^1/_2$ veces el diámetro. Por esta razón se dibuja una circunferencia de radio igual a $^3/_4D$ en la vista de arriba.

Paso 2. Puesto que la cabeza se va a dibujar entre aristas, la vista de arriba del cuadrado se dibuja con una escuadra de 45°. De esta manera, en la vista de frente se obtiene una vista entre aristas.

Paso 3. Para mostrar el chaflán de 30° de la cabeza, emplee la escuadra de 60° para encontrar los centros de los radios *R*. Use estos centros para trazar dos arcos en la vista de frente.

Paso 4. Para dibujar el chaflán en las aristas, emplee una escuadra de 30°. Retiña las líneas para terminar el dibujo. Las cabezas cuadradas son cabezas sin acabar y no tienen asiento para arandelas.

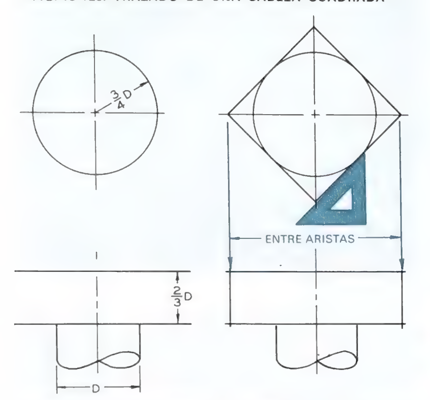
18-55 TRAZADO DE UNA CABEZA HEXAGONAL

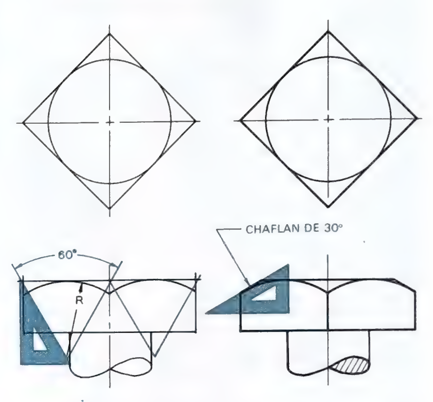
Como se dijo anteriormente, es conveniente dibujar las tuercas y tornillos entre aristas, para dar una mejor representación de las partes. En la fig. 18-129 se muestra un ejemplo de trazado de la cabeza de un tornillo.

Paso 1. El diámetro del tornillo es *D*. El espesor de la cabeza se dibuja igual a $^2/_3D$. La vista de techo de la cabeza se dibuja circular con radio $^3/_4D$.

Paso 2. Con la ayuda de una escuadra de 60° se dibuja un hexágono inscrito en el círculo. Las aristas de éste se proyectan a la vista de frente.

FIG. 18-128. TRAZADO DE UNA CABEZA CUADRADA





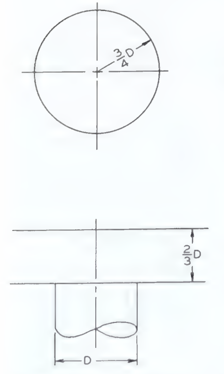
Paso 1: Dibuje el diámetro del tornillo. Emplee esta dimensión para encontrar el diámetro y el espesor de la cabeza.

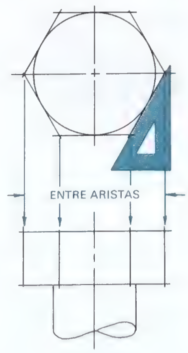
Paso 2: Con una escuadra de 45°, dibuje la vista de arriba de la cabeza cuadrada, de manera que se obtenga una vista entre aristas.

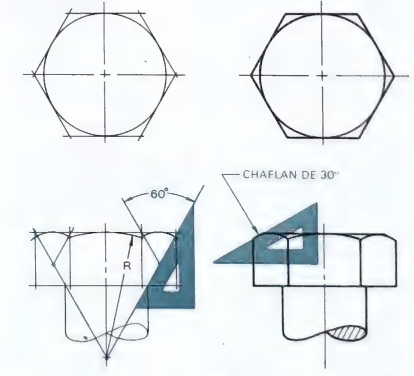
Paso 3: Con una escuadra de 30°-60°, encuentre los centros de los arcos que representan en la vista de frente el achaflanado de la cabeza.

Paso 4: En la vista de frente, trace un chaflán de 30° tangente a los arcos. Retiña las líneas.

FIG. 18-129. TRAZADO DE UNA CABEZA HEXAGONAL







Paso 1: Dibuje el diámetro del tornillo. Emplee esta dimensión para encontrar el diámetro y el espesor de la cabeza.

Paso 2: Con una escuadra de 30°-60°, trace un hexágono de manera que se obtenga una vista entre aristas.

Paso 3: Con una escuadra de 30°-60°, encuentre los centros de los arcos que representan en la vista de frente el achaflanado de la cabeza.

Paso 4: En la vista de frente, trace un chaflán de 30° tangente a los arcos. Retiña las líneas.

Paso 3. Los radios para dibujar los arcos formados por el achaflanador de la cabeza durante el proceso de fabricación se encuentran con una escuadra de 30°-60°. Para terminar el dibujo se retiñen las líneas.

18-56 TRAZADO DE TUERCAS

El trazado de una tuerca cuadrada entre aristas es exactamente igual al de la cabeza de un tornillo entre aristas. La única variación es respecto al espesor de la tuerca. El espesor de una tuerca corriente es $7/8D$ y para las tuercas fuertes es igual al diámetro (D).

En la fig. 18-130 se dan ejemplos de tuercas hexagonal y cuadrada dibujadas entre aristas. En la vista de frente aparecen líneas invisibles para indicar la rosca. Puesto que se sobrentiende que las tuercas son roscadas, estas líneas invisibles se omiten en las aplicaciones corrientes.

Obsérvese que en la tuerca hexagonal se muestra un asiento para arandelas de $^{1}/_{64}''$. Este asiento generalmente se dibuja de espesor mayor de $^{1}/_{64}''$, para que resalte más en el dibujo. En cuanto sea posible, las notas de roscado se colocan en la vista de arriba en vez de hacerlo en la de frente; sin embargo, si es necesario, se pueden colocar en esta vista. Existen notas de roscado normalizadas. En el caso de la tuerca cuadrada, la nota nos dice que el diámetro mayor de la rosca es de 1", que la tuerca es de 8 filetes por pulgada, que la rosca es Nacional Unificada ordinaria con ajuste 2 y que la tuerca es cuadrada corriente. La tuerca hexagonal es parecida, con la diferencia de que es acabada.

La línea de referencia de la nota de roscado está dirigida hacia el centro de la vista circular, pero la flecha se detiene en la primera circunferencia visible que hace contacto con ella.

Las tuercas se pueden dibujar entre lados, cuando esto mejore el dibujo. En la fig. 18-131, se dan ejemplos de tuercas dibujadas entre lados.

Para tuercas corrientes, la distancia entre lados es $1\,^{1}/_{2} \times D$ (D es el diámetro exterior de la rosca). Para tuercas fuertes esta distancia se incrementa en $^{1}/_{8}''$. Las vistas de arriba se trazan de la misma manera que en el dibujo entre aristas, con la diferencia de que se colocan de distinta manera para dar vistas de frente diferentes.

En el caso de una tuerca cuadrada (figura 18-131), la vista de frente es un rectángulo sencillo; lo único que ayuda a saber que corresponde a una tuerca es el arco del achaflanado. Esta es una de las desventajas de dibujar tuercas entre lados. El arco del chaflán se dibuja con radio igual a $2D$, con su centro

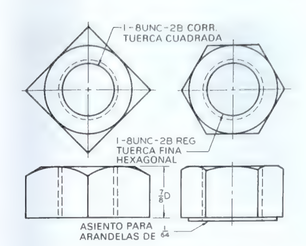


Fig. 18-131. Ejemplos de tuercas cuadradas y hexagonales dibujadas entre lados. Para dar las especificaciones de las tuercas se adjuntan notas.

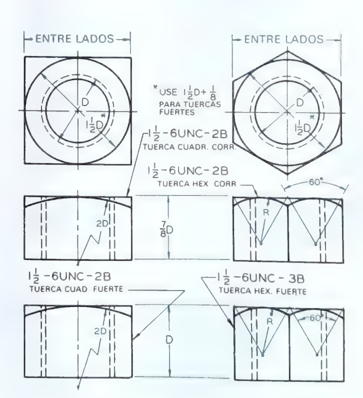


Fig. 18-130. El trazo de tuercas cuadradas y hexagonales es el mismo de las cabezas de tornillos. Al dibujo se añaden notas normalizadas para dar las especificaciones de las tuercas.

situado sobre la línea de eje de la tuerca. La tuerca fuerte tiene un espesor igual al diámetro exterior de la rosca.

La tuerca hexagonal dibujada entre lados tiene en la vista de frente más apariencia de tuerca que la tuerca cuadrada. A pesar de esto, el dibujo de una tuerca hexagonal entre aristas es el que mejor la representa. En la figura 18-131 se ilustra el método para dibujar una tuerca entre caras. Los centros de los arcos que representan los chaflanes se encuentran con una escuadra de 30°-60°. Para completar la representación de las tuercas se añaden mediante líneas de referencia las notas de roscado. Se debe colocar asiento para arandelas a las tuercas acabadas y semiacabadas, con excepción de las cuadradas. Las tuercas cuadradas siempre son sin acabado.

18-57 TRAZADO DE TUERCAS Y TORNILLOS EN CONJUNTO

Frecuentemente, es necesario dibujar tuercas y tornillos montados. Se aplican en este caso las mismas reglas para el dibujo por separado de tuercas y tornillos. En la fig. 18-132 se dan algunos ejemplos.

Las construcciones ilustradas en la figura son las mismas que se estudiaron anteriormente. El diámetro del tornillo es la base para hallar las demás dimensiones. Para dar las especificaciones de la tuerca y del tornillo se añade una nota de roscado. En la figura, la cabeza del tornillo se ha dibujado entre aristas y la tuerca entre caras. Se han incluido las vistas de los extremos para mostrar cómo se puede hallar la vista de frente por proyección. Esto no es necesario en un plano terminado, si es suficiente con una vista de la tuerca. Nuevamente, el diámetro del tornillo es la base de este trazado.

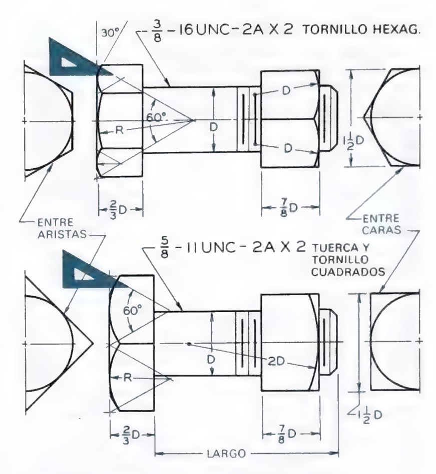


Fig. 18-132. Trazado de tuercas y tornillo en conjunto.

18-58 TORNILLOS DE FIJACION

Los tornillos de fijación se usan para mantener juntas dos partes sin usar tuercas. Una de estas partes tiene un agujero cilíndrico roscado y, por tanto, ejerce la función de tuerca. La otra parte se taladra con un agujero mayor, de tal manera que el tornillo pueda pasar

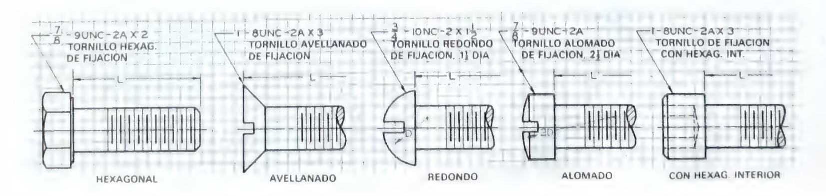


Fig. 18-133. Tipos normalizados de tornillos de fijación. Las proporciones aquí mostradas pueden utilizarse para dibujar tornillos de cualquier tamaño.

libremente por él. Cuando se aprieta el tornillo, las dos piezas se mantienen completamente juntas.

En la fig. 18-133 se ilustran los tipos normalizados de tornillos de fijación. Estos tipos se clasifican por la clase de cabeza que poseen. En el apéndice se encuentran tablas que dan las dimensiones de algunos de estos tipos de tornillos.

Los tornillos de fijación de la fig. 18-133 se han dibujado sobre un reticulado, para mostrar las proporciones de cada tipo. Estas proporciones se pueden utilizar para dibujar tornillos de fijación de cualquier tamaño. Estos tipos de tornillos cubren un rango de diámetros desde el núm. 0 (0,060") hasta $1^1/_2$. En cada tipo de tornillo se ha dado la nota de roscado normalizada para mostrar la forma correcta de especificarlos.

18-59 TORNILLOS PARA MAQUINA

Los tornillos para máquina son más pequeños que la mayoría de los tornillos de fijación; corrientemente, menores de 1" de diámetro. El tornillo para máquina se usa para tener fijas dos partes; se atornilla a una de las partes o a una tuerca. Los tornillos para máquina se roscan totalmente cuando tienen una longitud igual o menor de 2". En la figura 18-134 se muestran varias clases de tornillos para máquinas con ranura en estrella.

En la fig. 18-135 se muestran dibujos de los tornillos para máquina más corrientes. Además de estos tipos, se encuentran muchos más. En el Apéndice se dan las dimensiones de los tornillos redondos para máquina. A los tipos de tornillos de la figura se adjuntan notas de roscado características.

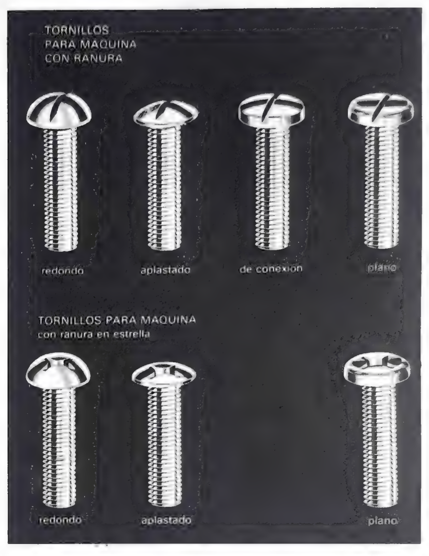
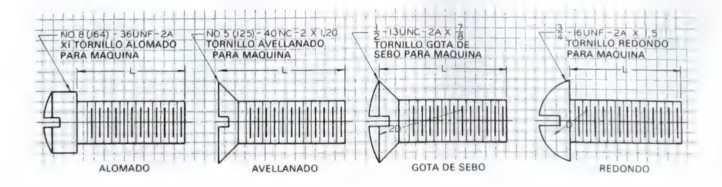


Fig 18-134. Ejemplos de los diverso tornillos para máquina. (Cortesía de H. M. Harper Company.)

Los cuatro tipos de tornillos para máquina de la fig. 18-135 se han dibujado sobre un reticulado, para dar la proporción de la cabeza respecto al diámetro exterior del tornillo. Las proporciones mostradas se pueden utilizar para

Fig. 18-135. Dibujos de los tipos normalizados de tornillos para máquina. Las proporciones indicadas aquí pueden emplearse para dibujar tornillos para máquina de cualquier tamaño.



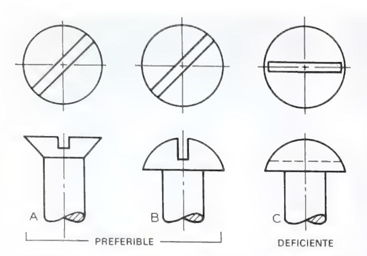


Fig. 18-136. Los tornillos con cabeza ranurada deben dibujarse en la vista de arriba con la ranura a 45° y rotada en la vista de frente.

dibujar estos tornillos sin tener en cuenta su tamaño ni la escala. Los tornillos para máquina cubren un rango desde el tamaño núm. 0 (0,060") hasta un diámetro de $^3/_4$".

Cuando se dibujan tornillos con cabeza ranurada, un método convencional para mostrar las ranuras es colocarlas a 45° en la vista circular, como se ilustra en la fig. 18-136. Aun cuando, en la vista de arriba, la ranura se haya rotado dicho ángulo, la vista de frente de la misma se dibuja de tal manera que muestre su ancho y profundidad, como en las figs. 18-136A y B. Mirando las figuras, el lector podrá darse cuenta de que de esta forma se obtiene una mejor representación de la cabeza del tornillo que la que da la figura 18-C136C. Esta convención se aplica a todos los tipos de pasadores roscados.

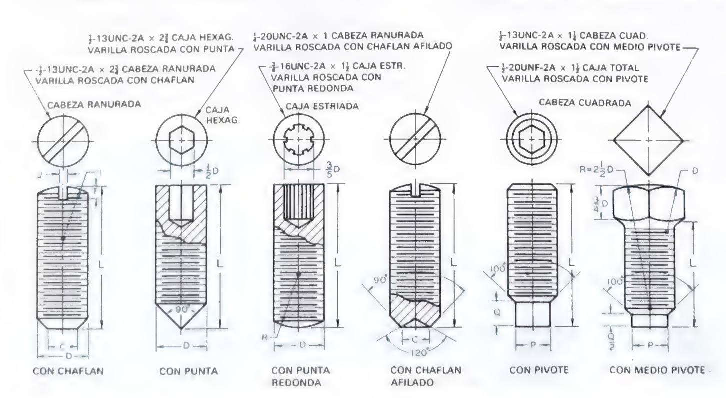
18-60 VARILLAS ROSCADAS

Las partes tales como ruedas o poleas generalmente están fijas a árboles. Para suministrar esta fijación, comúnmente se usan varillas roscadas o chavetas. En la fig. 18-137 se muestran ejemplos de diferentes tipos de varillas roscadas.

En la tabla 18-1 se dan las dimensiones de las distintas características de las varillas roscadas de la fig. 18-137. Esta tabla es útil para la selección de la varilla roscada normalizada para la aplicación en cuestión. Los dibujos de varillas roscadas no deben necesariamente emplear exactamente estas dimensiones; como en los otros tipos de pasadores tratados en este capítulo, las varillas roscadas pueden dibujarse aproximadamente.

Obsérvese que tanto la cabeza como la punta de las varillas roscadas son de diferentes tipos. Las varillas roscadas se encuentran en

Fig. 18-137. Clases de varillas roscadas. Las varillas roscadas se encuentran en diferentes combinaciones de cabeza y punta. Las notas dan sus especificaciones. Las dimensiones aparecen en la tabla 18-1.



cualquier combinación de cabeza y punta. El árbol contra el cual ajusta la varilla debe tener una superficie plana maquinada que dé una buena superficie de contacto a la punta de la varilla. En este caso, una varilla con pivote o con chaflán será mucho más efectiva para presionar contra la superficie plana. La varilla con chaflán afilado produce buena fricción cuando se aplica a un árbol redondo carente de superficie plana.

Estúdiense las clases de notas y abreviaciones utilizadas para especificar varillas roscadas. Como en los demás casos de pasadores roscados, el uso de estas notas es de primordial importancia.

18-61 TORNILLOS PARA MADERA

Un tornillo para madera es un tornillo puntiagudo con rosca afilada de paso ordinario para introducir en madera. En la fig. 18-138 se muestran los tres tipos más comunes de tornillos para madera. Se han dibujado sobre un reticulado, para mostrar las proporciones de las diferentes cabezas respecto al diámetro exterior de la rosca. Las mismas proporciones se pueden usar en aplicaciones prácticas para cualquier tamaño de los tornillos para madera. Muchas de las dimensiones detalladas de estos tornillos se encuentran en las tablas publicadas por el Instituto Nacional Americano de Normas (USASI).

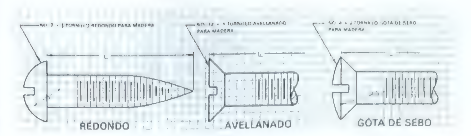


Fig. 18-138. Dibujos de los tornillos normalizados para madera. Las proporciones indicadas aquí pueden emplearse para dibujar tornillos para madera de cualquier tamaño.

Los tamaños de los tornillos para madera se especifican con un solo número como 0,6

Tabla 18-1

Dimensiones para las varillas roscadas que aparecen en la fig. 18-137 (todas las medidas en pulgadas).

D		I	J	T	R	C		Q		Q	q
Tamaño nominal		Radio de la cima	Ancho de la ranura	Profundidad de la ranura	Radio punta redonda	Diámetro del afilado y de la anchura flanada		Diámetro del pivote		Longitud del pivote	
						Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Completo	Medio
5	0,125	0,125	0,023	0,031	0,094	0,067	0,057	0,083	0,078	0,060	0,030
6	0,138	0,138	0,025	0,035	0,109	0,074	0,064	0,092	0,087	0,070	0,035
8	0,164	0,164	0,029	0,041	0,125	0,087	0,076	0,109	0,103	0,080	0,040
10	0,190	0,190	0,032	0,048	0,141	0,102	0,088	0,127	0,120	0,090	0,045
12	0,216	0,216	0,036	0,054	0,156	0,115	0,101	0,144	0,137	0,110	0,055
1/4	0,250	0,250	0,045	0,063	0,188	0,132	0,118	0,156	0,149	0,125	0,063
5/16	0,3125	0,313	0,051	0,078	0,234	0,172	0,156	0,203	0,195	0,156	0,078
3/8	0,375	0,375	0,064	0,094	0,281	0,212	0,194	0,250	0,241	0,188	0,094
7/16	0,4375	0,438	0,072	0,109	0,328	0,252	0,232	0,297	0,287	0,219	0,109
1/2	0,500	0,500	0,081	0,125	0,375	0,291	0,270	0,344	0,344	0,250	0,125
9/16	0,5625	0,563	0,091	0,141	0,422	0,332	0,309	0,391	0,379	0,281	0,140
5/8	0,625	0,625	0,102	0,156	0,469	0,371	0,347	0,469	0,456	0,313	0,156
3/4	0,750	0,750	0,129	0,188	0,563	0,450	0,425	0,563	0,549	0,375	0,188

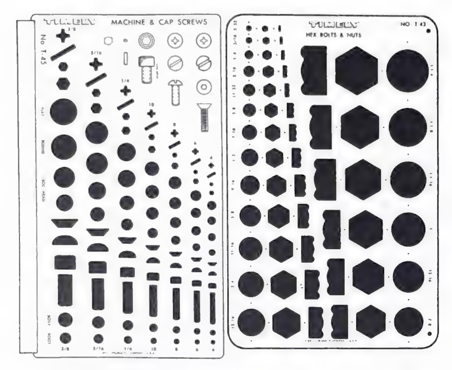


Fig. 18-139. Muestras de plantillas que se pueden utilizar para dibujar pasadores roscados. (Cortesía de Timely Products Company.)

ó 16. De 0 a 10, cada dígito representa un tamaño diferente. A partir de 10, sólo los números pares, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 y 24, están normalizados. Para relacionar estos tamaños nominales con el diámetro real del tornillo se puede usar la siguiente fórmula:

$$\text{Diá. real} = 0{,}060 + \text{Tamaño nominal} \times 0{,}013.$$

Por ejemplo, el diámetro real de un tornillo núm. 5 es:

$$0{,}060 + 4(0{,}013) = 0{,}125.$$

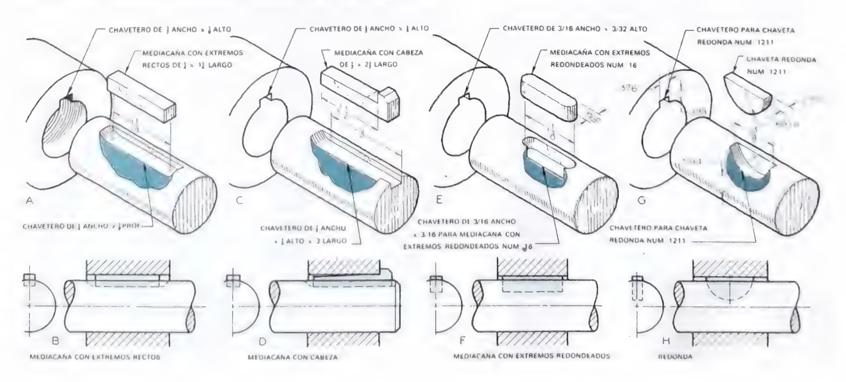
Para especificar las roscas de los tornillos para madera ilustrados en la fig. 18-138, se les adjuntan notas normalizadas. Estas notas se deben colocar siempre para explicar la representación simbólica del tornillo para madera.

18-62 UTILIZACION DE PLANTILLAS

Se consiguen plantillas para dibujar tuercas, tornillos y pasadores roscados; estas plantillas cubren un rango de tamaños que es suficiente para la mayoría de aplicaciones, puesto que la representación de roscas en el mejor de los casos es aproximada.

En la fig. 18-139 se muestran algunas plantillas características. Los espacios negros representan los huecos que se han efectuado en las plantillas delgadas. La plantilla se coloca sobre el dibujo y las características de los tornillos se trazan usando la plantilla como guía. También se consiguen plantillas para dibujar tuercas y tornillos en perspectiva. Estas plantillas son utilizadas principalmente por el técnico ilustrador.

Fig. 18-140. Chavetas normalizadas utilizadas para fijar partes a ejes.



18-63 CHAVETAS

Las chavetas se usan para fijar partes a ejes para transmitir potencia a poleas, engranajes o manivelas. En la fig. 18-140 se muestran varios tipos de chavetas en perspectiva y en vistas ortogonales. Los cuatro tipos aquí ilustrados son los más comúnmente usados. Para especificar una chaveta, se deben dar notas para los chaveteros de cubo y de árbol y para el chavetero mismo, como se muestra en la fig. 18-140A, C, E y G. Las notas dadas en esta figura son características de las utilizadas para dar especificaciones de chavetas.

18-64 REPRESENTACION COMBINADA DE ROSCAS

Un método recomendable es el de usar un solo tipo de representación de rosca —simplificada, esquemáticamente, en detalle— en un mismo plano. Sin embargo, hay casos en los cuales el usar estas representaciones simultáneamente da mayor claridad al dibujo. Un caso de éstos se ilustra en la fig. 18-141. En este ejemplo, se utilizan las tres representaciones: simplificada, esquemática y en detalle, lo cual se permite en aras de la claridad.

18-65 TERRAJADO DE UN AGUJERO

Se dice que un agujero roscado es *terrajado* cuando la herramienta empleada para tallar los filetes es la conocida como terraja. En la fig. 18-142 se muestran los tipos de terrajas existentes para roscar a mano agujeros pequeños.

Las terrajas ahusada, de taco y de fondo son de igual forma, longitud y dimensiones, diferenciándose únicamente por la porción achaflanada de sus extremos. La terraja ahusada tiene un chaflán largo (8-10 filetes), la de taco posee un chaflán de 3 a 5 filetes y la de fondo un chaflán más corto de sólo 1 a $1^1/_2$ filetes.

En el terrajado a mano en agujeros previamente hechos se usa la terraja ahusada para hacer rosca ordinaria, ya que ésta asegura la mayor exactitud de la rosca desde el comienzo del roscado. La terraja ahusada se recomienda

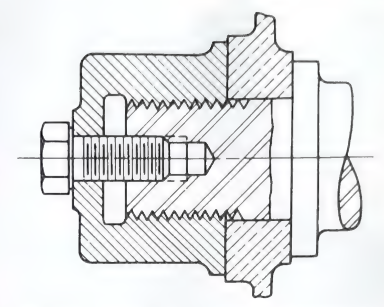


Fig. 18-141. Uso simultáneo de los tres tipos de representación de roscas en un mismo dibujo, para hacerlo más claro.

también para metales duros. La terraja de taco se puede usar para metales blandos o para roscas de paso corto. Cuando se desea terrajar un agujero hasta el fondo, se puede usar para tal efecto cualquiera de los tres tipos de terrajas: ahusada, de taco y de fondo.

Para especificar la profundidad del agujero y la profundidad de la rosca, se adjuntan notas al dibujo. Por ejemplo, una nota que diga TALADRO DE $^7/_8$ × 3 PROF, 1-8UNC-2A

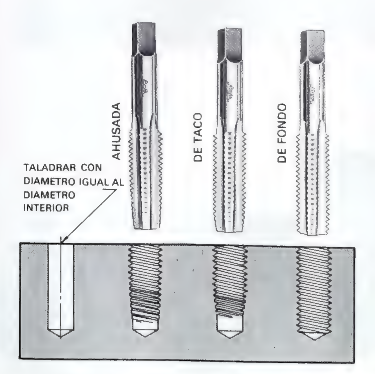


Fig. 18-142. Tipos de terrajas para roscar agujeros. (Cortesía de Greenfield Tap and Die Corporation.)

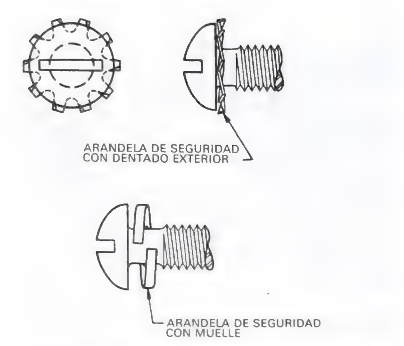


Fig. 18-143. Dos de los tipos de arandelas de seguridad para evitar que los tornillos se desatornillen.



Fig. 18-144. Tipos de arandelas.



Fig. 18-145. Otros tipos de dispositivos de seguridad. (Cortesía de H. M. Harper Company.)

X 2 PROF significa que el agujero deberá ser taladrado con mayor profundidad que la parte roscada y el último filete de ésta estará a una profundidad de 2″. Obsérvese que la punta del taladro forma un ángulo de 120°.

18-66 ARANDELAS DE SEGURIDAD

Una arandela de seguridad es un dispositivo que se usa para evitar que una tuerca o una tapa roscada se afloje debido a vibraciones o movimientos. Las arandelas pueden ser de diferentes formas; en la fig. 18-143 se muestran dos de los tipos más comunes de éstas.

La arandela de seguridad con dentado exterior posee una serie de dientes alrededor de su circunferencia. Estos dientes están doblados para resistir el desatornillamiento una vez que se han apretado. La arandela de seguridad de muelle es el tipo más utilizado; ésta es sencillamente una arandela con un corte, que ha sido doblada para que resista el desatornillamiento una vez que se ha apretado. En la fig. 18-144 se muestran fotografías de arandelas de seguridad.

Otros dispositivos de seguridad de este tipo son los pasadores de aletas y tuercas especialmente diseñadas, como la tuerca almenada y la de seguridad (fig. 18-145). Algunos dispositivos de seguridad tienen injertos de plástico que mantienen adheridos los filetes una vez que han sido apretados. Hay muchos fabricantes especializados en la confección de tuercas y pasadores de seguridad que resisten altas vibraciones sin desatornillarse.

18-67 REMACHES

Los remaches son una clase de pasadores utilizados para unir con junta permanente materiales delgados. Los remaches se diseñan de modo que puedan penetrar en agujeros de diámetro ligeramente mayor que el de ellos. El remache se introduce en el agujero y luego el extremo sin cabeza se conforma a la forma deseada, aplicando una presión elevada a su parte saliente. Esta operación se efectúa sobre los remaches en frío o en caliente, de acuerdo con la aplicación.

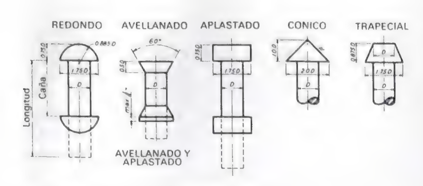


Fig. 18-146. Formas de remaches. (Cortesía de Tennessee Valley Authority.)

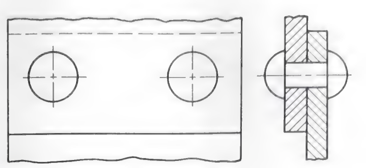
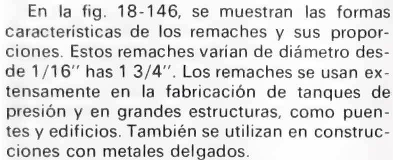


Fig. 18-147. Representación de una junta a solape con dos remaches.



En la fig. 18-146, se muestran las formas características de los remaches y sus proporciones. Estos remaches varían de diámetro desde 1/16" has 1 3/4". Los remaches se usan extensamente en la fabricación de tanques de presión y en grandes estructuras, como puentes y edificios. También se utilizan en construcciones con metales delgados.

En la fig. 18-147 se ilustra una junta a solape mediante dos remaches redondos. Los remaches se muestran con círculos para representar sus cabezas. El diámetro pasante del remache no aparece como circunferencia invisible. Un conjunto de símbolos de remaches mucho más detallado se utiliza en las industrias de fabricación especializadas que emplean este tipo de pasador.

18-68 ENGRANAJES

Los engranajes son ruedas dentadas que se traban entre sí para transmitir fuerza y movimiento de un engranaje a otro. En la figura 18-148 se muestra un sistema de engranajes bastante complicado. Este sistema puede dar una gran variedad de relaciones de velocidad y potencia al acoplar los diferentes engranajes.

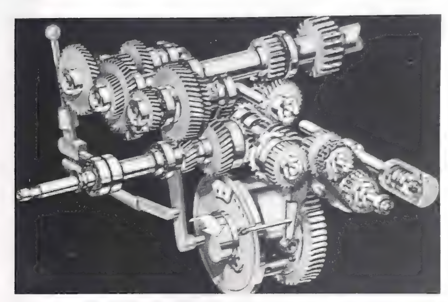


Fig. 18-148. Sistema de engranajes y articulaciones de la transmisión principal de una máquina de husillos múltiples. (Cortesía de National Acme Company.)

Los engranajes se acoplan mediante dientes tallados en sus superficies de contacto. La relación del número de dientes de un engranaje al número de dientes del engranaje compañero determina la razón de variación de velocidad y potencia entre los dos.






Fig. 18-149. De izquierda a derecha: engranaje cilíndrico de dientes rectos, engranaje cilíndrico de dientes helicoidales, cremallera y engranajes cónicos. (Cortesía de Philadelphia Gear Corporation.)

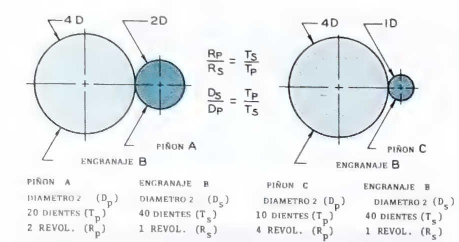


Fig. 18-150. La diferencia de tamaño entre el engranaje y el piñón afecta las relaciones de transmisión de velocidad y potencia.

18-69 CLASES DE ENGRANAJES

En la fig. 18-149 se muestran los tipos de engranajes más comunes. Estos son: (a) el engranaje cilíndrico (recto y helicoidal); (b) la cremallera, y (c) el engranaje cónico

El *engranaje cilíndrico* es un engranaje circular con dientes tallados en su periferia. Los engranajes cilíndricos pueden transmitir potencia entre árboles paralelos. Cuando los dos engranajes son de diferente tamaño, el menor se llama piñón y el mayor engranaje.

La *cremallera* es una serie de dientes en línea recta sobre las cuales puede desplazarse un engranaje cilíndrico. Los ejes de los dos elementos son perpendiculares pero no se cortan.

El *engranaje cónico* es un engranaje montado sobre un eje cuya línea de centro interseca la línea de eje del otro engranaje, formando un ángulo cualquiera, corrientemente 90°. En la fig. 18-149 se muestra un ejemplo de piñón y engranaje cónicos Cuando los dos engranajes cónicos con igual número de dientes se cortan a 90° son llamados engranajes a *inglete*.

18-70 RELACIONES DE LOS ENGRANAJES

Las dimensiones de dos engranajes cilíndricos o cónicos acoplados establecen relaciones importantes para el ingeniero. En la fig. 18-150 se dan ejemplos para ilustrar estas relaciones. Si el radio de un engranaje es el doble del radio del piñón, como consecuencia, su diámetro y circunferencia serán el doble de los del piñón. Además, el engranaje debe tener el doble de dientes que el piñón. El piñón, en este caso, debe efectuar dos revoluciones por cada revolución del engranaje. Esto significa que el número de revoluciones por minuto del piñón es igual al doble del número de revoluciones del engranaje.

Cuando el diámetro del engranaje es el cuádruple del diámetro del piñón, el primero deberá tener el cuádruple de dientes del segundo. El número de revoluciones por minuto del piñón será el cuádruple del número de revoluciones del engranaje.

Estas razones y fórmulas se pueden aplicar a gran cantidad de combinaciones de dimensiones de los engranajes. La principal aplicación de los engranajes es la regulación de las velocidades de los distintos elementos de una máquina, de tal manera que estén sometidas a ciertas relaciones previamente establecidas.

18-71 NOMENCLATURA DE LOS ENGRANAJES

Para describir las partes y características de un engranaje se usan ciertos nombres (figura 18-151). Cada una de las características tiene diferentes dimensiones para cada tamaño del engranaje. Estas dimensiones se pueden encontrar en tablas o calcularse mediante fórmulas.

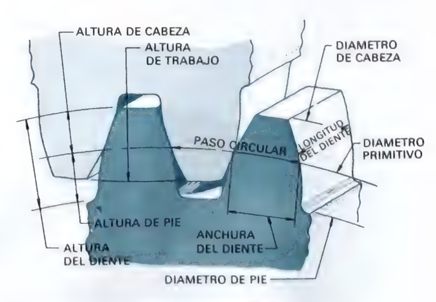


Fig. 18-151. Nomenclatura de los engranajes.

Diámetro primitivo es el diámetro que daría la misma relación de transmisión de los elementos en el caso de que se emplearan ruedas de fricción sin dientes en vez de engranajes acoplados.

Diámetro de cabeza es el diámetro de un engranaje medido desde el exterior de sus dientes.

Diámetro de pie es el diámetro de un engranaje medido desde el fondo de sus dientes.

Altura de cabeza es la altura del diente por encima del diámetro primitivo.

Altura de pie es la altura del diente por debajo del diámetro primitivo.

Altura del diente es la altura total del mismo e igual a la altura de cabeza más la altura de pie.

Altura de trabajo es la altura a la cual un diente penetra en el engranaje compañero.

Paso circular es la distancia circular medida sobre el diámetro primitivo desde un punto de un diente hasta su correspondiente en el siguiente diente.

Ancho del diente es la distancia rectilínea comprendida por un diente sobre la circunferencia primitiva.

Ancho circular del diente es la distancia circular comprendida por un diente sobre la circunferencia primitiva.

Longitud del diente es la distancia transversal del diente medida en la dirección del eje del engranaje.

Paso diametral es la razón entre el número de dientes de un engranaje y su diámetro primitivo. Por ejemplo un engranaje de 20 dientes y de diámetro primitivo 100 mm tendrá un paso diametral de 0,2, que significa 0,2 dientes por milímetro de diámetro primitivo.

A continuación se dan las fórmulas para algunas de las dimensiones principales de los engranajes:

N = número de dientes

$\text{PD} = \text{diámetro primitivo} = \dfrac{N}{DP}$

$\text{DP} = \text{paso diametral} = \dfrac{N}{PD}$

$\text{RD} = \text{diámetro de pie} = \text{PD} - 2D$

$\text{OD} = \text{diámetro de cabeza} = \dfrac{N+2}{\text{DP}}$

$A = \text{altura de cabeza} = \dfrac{1}{\text{DP}}$

$\text{D} = \text{altura de pie} = \dfrac{1{,}157}{\text{DP}}$

$\text{CP} = \text{paso circular} = \dfrac{\pi \times \text{DP}}{N}$

$\text{WD} = \text{altura del diente} = A + D$

$\text{CT} = \text{ancho circular del diente} = \dfrac{\text{CP}}{2}$

18-72 FORMAS DE LOS DIENTES

El diente de engranaje más utilizado es el de perfil de envolvente con ángulo de presión de $14\,{}^1/_2°$. El ángulo de presión es el ángulo de contacto de los dos engranajes cuando las tangentes a éstos se cortan en el punto de contacto. También se emplean engranajes con ángulos de presión de 20° y 25°. Los dientes con ángulos de presión elevados son más anchos en su base y, por esta razón, más resistentes que los normalizados de $14\,{}^1/_2°$.

El perfil normalizado del flanco del diente es la envolvente que mantiene en contacto los engranajes acoplados a medida que éstos giran.

En la fig. 18-152 se muestra el método para trazar una envolvente.

Paso 1. Se dibuja un arco, llamado arco de base, y se divide en partes iguales mediante líneas radiales que parten del centro del arco. Se trazan tangentes perpendiculares a estas líneas radiales en los puntos en que intersecan el arco de base.

Paso 2. La longitud de la cuerda del punto 0 al punto 1 se usa como radio y, como

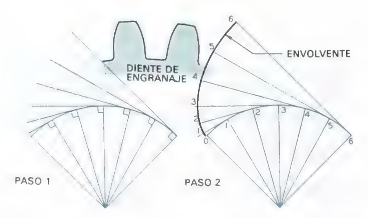


Fig. 18-152. Construcción de la envolvente que representa el perfil geométrico del diente de engranaje.

centro, el punto 1. Esta longitud se rota para encontrar el punto 1 de la envolvente. A continuación, se encuentra la distancia del punto 2 al nuevo punto 1 y se la rota hasta la línea tangente al arco en el punto 2, para así encontrar el punto 2 de la envolvente. Este procedimiento se continúa hasta hallar completamente la curva.

La envolvente así encontrada es una aproximación de la trayectoria seguida por el extremo de una cuerda que se mantiene tensa y se va desenrollando del arco de base. En vez de un arco, se puede utilizar una circunferencia completa para encontrar la envolvente total, que se parecerá a una espiral.

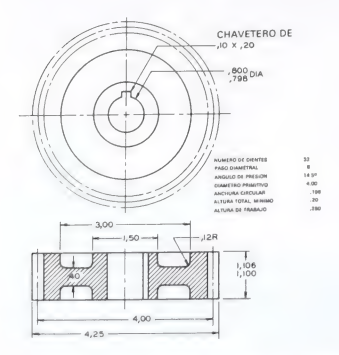


Fig. 18-153. Dibujo característico en detalle de un engranaje cilíndrico, con una tabla de valores que da las especificaciones del mismo.

No es necesario dibujar el perfil de los dientes con este procedimiento, puesto que la gran mayoría de planos en detalle utilizan aproximaciones para éste. En efecto, los dientes de un engranaje raras veces se muestran en planos; se utiliza un método convencional para representarlos, junto con notas apropiadas y tablas.

18-73 DIBUJO DE UN ENGRANAJE CILINDRICO

El dibujo en detalle del engranaje cilíndrico de la fig. 18-153 muestra el método convencional para dibujar este tipo de engranaje. La vista circular generalmente se omite, puesto que la vista en corte es suficiente para la mayoría de aplicaciones. Cuando se muestra la vista circular para indicar los diámetros de pie, primitivo y de cabeza, se usan líneas de ejes circulares.

Nótese que para describir el engranaje se da una tabla de valores. Estos valores se pueden averiguar aplicando las fórmulas dadas en la sección 18-71. En las tablas de engranajes normalizados se obtiene información adicional. Algunas industrias necesitan mayor información en las especificaciones de engranajes. No se deben dibujar los dientes, a no ser que una aplicación especial lo exija.

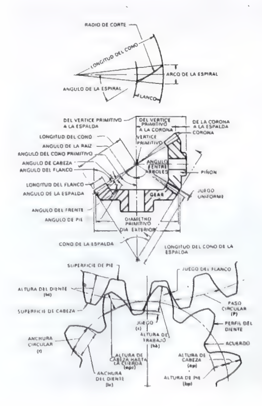
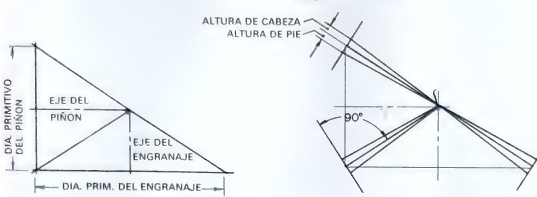
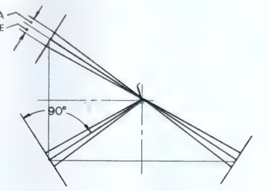


Fig. 18-154. Nomenclatura de los engranajes cónicos. (Cortesía de Philadelphia Gear Corporation.)

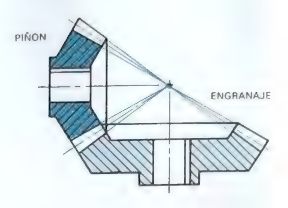
FIG. 18-155. TRAZADO DE ENGRANAJES CONICOS.





Paso 1: Trace los diámetros primitivos y los ejes de los dos engranajes cónicos.

Paso 2: Empleando las alturas de pie y de cabeza, trace líneas de construcción para establecer los límites de los dientes como se muestra.



Paso 3: Dibuje el piñón y el engranaje, utilizando las dimensiones especificadas o las obtenidas en tablas de engranajes.

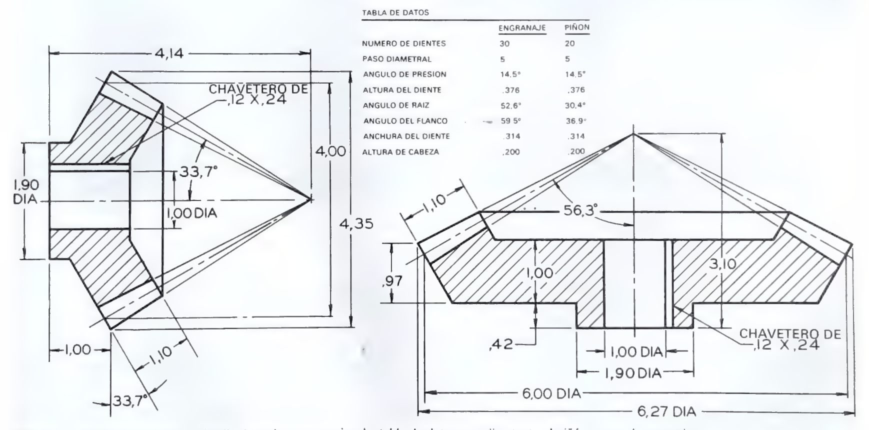


TABLA DE DATOS

	ENGRANAJE	PIÑON
NUMERO DE DIENTES	30	20
PASO DIAMETRAL	5	5
ANGULO DE PRESION	14,5°	14,5°
ALTURA DEL DIENTE	,376	,376
ANGULO DE RAIZ	52,6°	30,4°
ANGULO DEL FLANCO	59 5°	36.9°
ANCHURA DEL DIENTE	,314	,314
ALTURA DE CABEZA	,200	,200

Paso 4: Complete los planos en detalle de ambos engranajes. La tabla de datos se aplica tanto al piñón como al engranaje.

18-74 DIBUJO DE ENGRANAJES CONICOS

Los engranajes cónicos son aquellos cuyos ejes se cortan en ángulo. Este ángulo corrientemente es de 90°, pero algunas veces se usan otros valores. El más pequeño de los engranajes cónicos se llama piñón.

En la fig. 18-154 se muestra la nomenclatura de los engranajes cónicos. Muchos de estos nombres son comunes a todas las clases de engranajes.

En la fig. 18-155 se muestra el procedimiento empleado para dibujar dos engranajes cónicos a 90°.

Paso 1. A lo largo de dos líneas perpendiculares que se corten, se miden los diámetros primitivos de los dos engranajes. A continua-

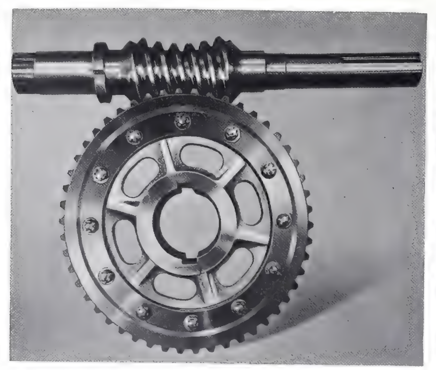


Fig. 18-156. Sinfín-corona.

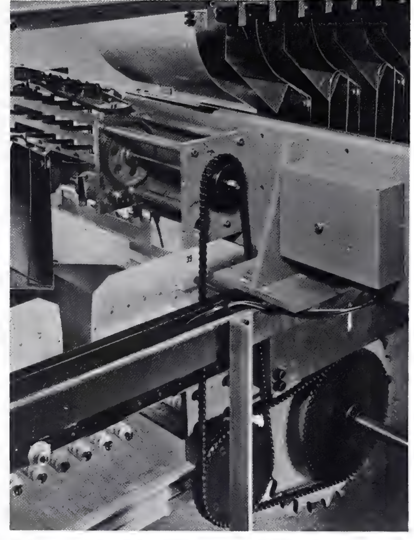


Fig. 18-157. Planos de fabricación de un sinfín-corona con tablas de dimensiones. (Cortesía, con la figura anterior, de Ex-Cell-O Corporation.)

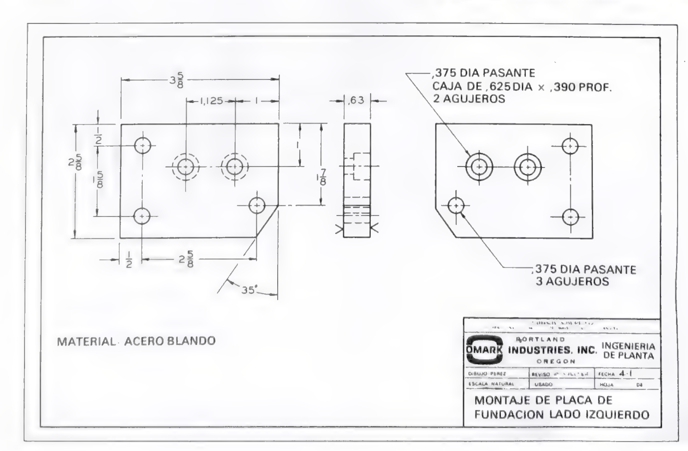


Fig. 18-158. Plano de fabricación de una parte sencilla. (Cortesía de Omark Industries, Inc.)

ción, se trazan las líneas de centro, que se cortan y representan los ejes de los dos engranajes. Los puntos encontrados se unen para obtener dos triángulos isósceles adyacentes que tienen como base los diámetros primitivos.

Paso 2. Por los vértices de las bases, se trazan perpendiculares a los lados de los dos conos. Las alturas de pie y de cabeza se toman sobre estas líneas a uno y otro lado de los vértices del cono. Por los puntos de pie y de cabeza se dibujan líneas radiales hasta el punto de corte de los ejes de los engranajes.

Paso 3. Se dibujan los engranajes con las dimensiones normalizadas tomadas de las tablas de engranajes cónicos.

Paso 4. Cada engranaje se dibuja y acota en un plano de fabricación separado. También se debe dar una tabla de especificaciones. Las vistas circulares pueden omitirse, puesto que las vistas en corte son suficientes para explicar los detalles de cada engranaje.

18-75 SINFIN-CORONA

En la fig. 18-156 se ilustra un sinfín-corona. El árbol roscado se llama sinfín y el engranaje cilíndrico, corona. La rotación continua del sinfín hace que la corona gire alrededor de su eje.

En la fig. 18-157 se muestran planos de fabricación de sinfines-corona, junto con tablas de valores para los diferentes tamaños. Se usan letras para acotar ciertas dimensiones que deberán tomarse de las tablas.

18-76 EL PLANO DE FABRICACION

El plano de fabricación es el documento a partir del cual se realiza un diseño. Las informaciones adicionales y especificaciones escritas pueden prepararse por separado o incluirse en los planos de fabricación. En casi todos los casos, el ingeniero debe dirigir la preparación de los planos de fabricación, y especificar las dimensiones críticas y las tolerancias. Gran parte del trabajo es rutinario y puede ser elaborado por dibujantes con un mínimo de supervisión. El plano definitivo deberá ser cuidadosamente revisado por su personal, pero el ingeniero es el responsable de su corrección.



Fig. 18-159. Abrazadera giratoria, fabricada para mantener partes juntas mientras son maquinadas. (Cortesía de Jergens, Inc.)

Un plano de fabricación frecuentemente se llama de *detalle* porque describe las características y dimensiones de los detalles de las distintas partes de un diseño. En los planos de fabricación deben usarse todas las técnicas y los principios del dibujo, puesto que su finalidad es describir las partes de un diseño con la mayor claridad posible.

En la fig. 19-158 se muestra un plano en detalle de una platina de base. Tres vistas ortogonales describen la parte; para dar las dimensiones se adjuntan las cotas. El tipo de material y el tamaño de los agujeros se indican con notas. Si se fabricara en la planta esta pieza, el producto final sería igual al fabricado por cualquier persona a partir del mismo plano.

Se ha fabricado una abrazadera giratoria para mantener partes juntas en posición estática mientras se las maquina (fig. 18-159). Los planos de fabricación de las componentes del conjunto se dan en las figs. 18-160 a 18-162. Obsérvese que en un mismo plano se pueden dibujar varias piezas. Cada parte se dibuja con las notas y vistas ortogonales necesarias

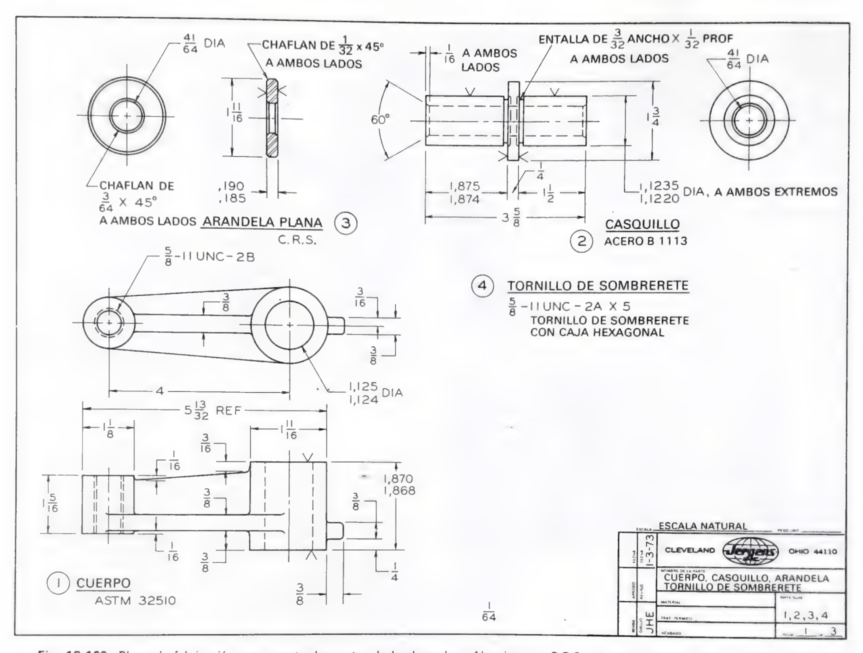


Fig. 18-160. Plano de fabricación que muestra las partes de la abrazadera. Abreviaturas: C.R.S. = Acero laminado en frío; ASTM 32510 y B 1113, tipos de aceros. (Cortesía de Jergens, Inc.)

para describirla completamente. El nombre de la parte, su número de referencia y la clase de material se colocan cerca de las vistas. No se da ninguna atención al ordenamiento de las partes entre sí para indicar su orden de montaje. Por el contrario, las partes se colocan de manera que se aproveche al máximo el espacio de dibujo a disposición.

Cada plano se numera en el rótulo principal, de acuerdo con el número total de planos del juego de planos. Por ejemplo, el de la figura 18-160 se ha numerado como hoja 1 de 3 hojas en total.

En la fig. 18-162 se da un plano *ortogonal de conjunto* para mostrar el montaje de las componentes. Para identificarlas, a cada parte se adjunta, mediante una línea de referencia, su número de referencia. Estos números sirven para revisar los detalles de cada parte cuando se desea obtener determinada información.

18-77 CLASES DE PLANOS DE FABRICACION

Muchas compañías utilizan planos de fabricación en los cuales va una parte en cada hoja, no importa lo pequeña que sea la parte. Este procedimiento hace posible distribuir varias partes en la planta, prescindiendo de planos voluminosos que contienen muchas partes e información necesaria para varios trabajadores.

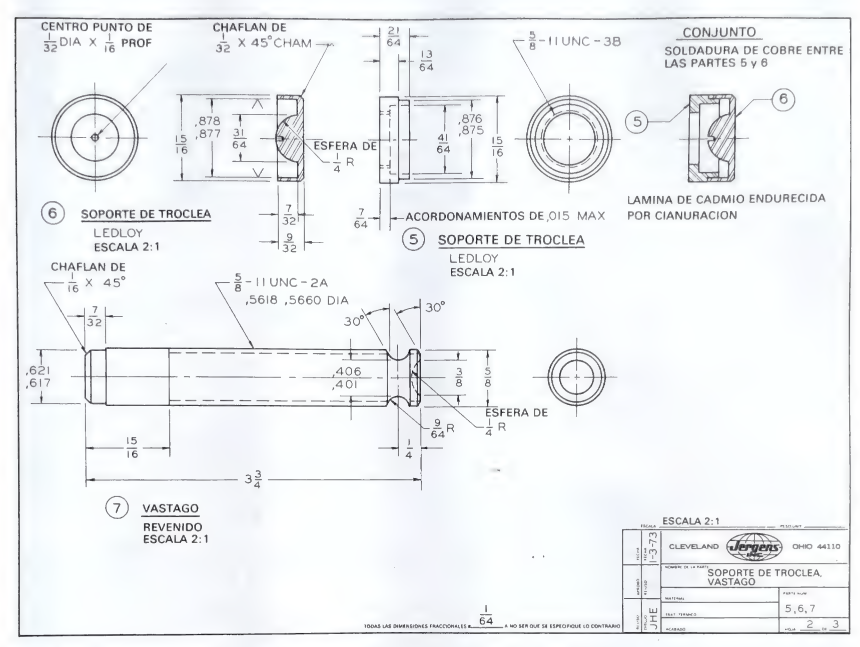


Fig. 18-161. Plano de fabricación que muestra algunas partes de la abrazadera. (Cortesía de Jergens, Inc.)

Además, como generalmente se necesitan más copias de los planos de algunas piezas, es mucho más cómodo obtener el número de copias necesarias si hay sólo una parte por hoja. La fig. 18-158 es un ejemplo de este tipo de plano de fabricación.

Los planos en *forma de tabla* se usan para acotar partes semejantes que sólo varían en sus dimensiones. La parte de la fig. 18-163 es un plano de esta clase. La parte se dibuja y se acota con letras que corresponden a las que se colocan en la tabla de dimensiones que se adjunta al plano. Las dimensiones se escogen de la tabla, en correspondencia con las letras del dibujo. Este procedimiento hace posible el que un plano sirva para varias partes.

Las dos partes que se ilustran en la figura 18-164 muestran la diferencia entre una parte forjada y una parte maquinada. La pieza forjada sin acabado de la parte superior fue hecha mediante el proceso de fundición en troquel, en el cual se aplica presión para dar forma a una pieza colocada en un molde. Una vez que la pieza ha sido forjada, se maquina hasta su forma acabada, como se muestra en la parte inferior de la figura.

Los planos que dan los detalles y cotas para hacer una pieza forjada se llaman *planos de forja*. El plano que especifica las operaciones de maquinado se llama *plano de acabado*.

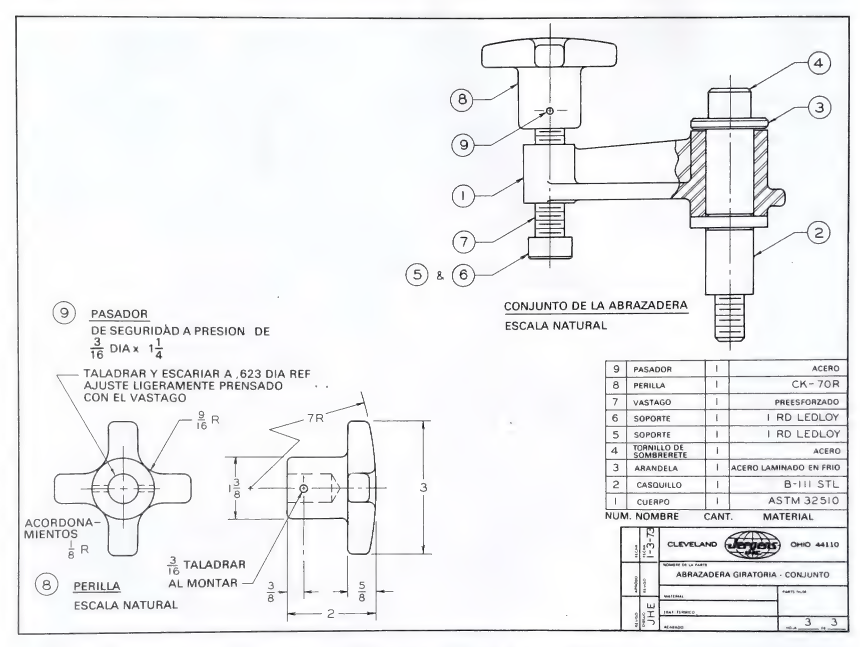


Fig. 18-162. Plano de fabricación y conjunto ortogonal de la abrazadera. (Cortesía de Jergens, Inc.)

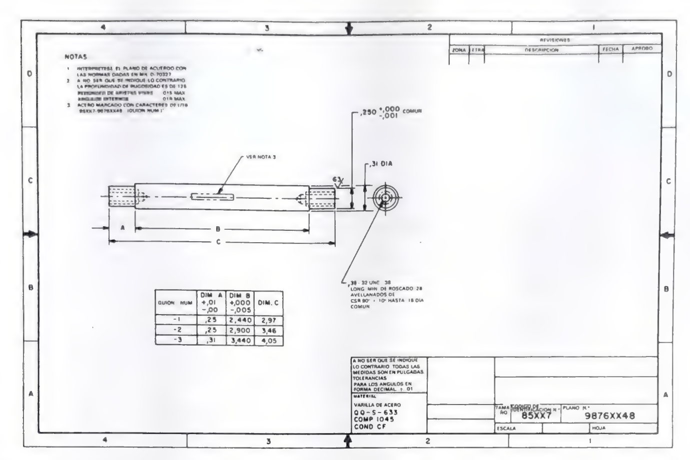
Frecuentemente, estos dos planos se combinan en uno, sobreentendiéndose que el forjado debe hacerse con material adicional, para permitir la remoción del exceso por maquinado hasta conformarse con las especificaciones finales de diseño.

El plano de maquinado de la fig. 18-165 emplea vistas ortogonales y cortes para describir las características de una manzana cilíndrica. Para dar las dimensiones definitivas de la parte se dan notas y signos de acabado junto con cotas toleradas. El plano de fabricación de la fig. 18-166 da las especificaciones de un elemento roscado.

18-78. FORMATO DE LOS PLANOS DE FABRICACION

En la fig. 18-167 se dan los tamaños normalizados de los planos de fabricación. El diagrama da tanto el formato de la hoja como la posición de los márgenes para cada tamaño. En la preparación de planos se usa papel traslúcido porque éste permite al dibujante distribuir aproximadamente el dibujo, colocando el papel traslúcido sobre un formato original. Además, se debe usar el papel traslúcido, ya que permite hacer copias heliográficas.

Muchas oficinas de dibujo tienen hojas para dibujo con los márgenes y los espacios impre-



GUION NUM	DIM A +,01 -,00	DIM B +,000 -,005	DIM. C
-1	,25	2,440	2,97
-2	,25	2,900	3,46
-3	,31	3,440	4,05

Fig. 18-163. Plano con una tabla de valores para partes que varían de tamaño. (Cortesía del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.)

sos para rotulado, con lo cual se reduce el tiempo efectivo de dibujo que se gastaría en esta parte del dibujo.

El espacio para rotulado puede adoptar diversas formas. Todas las compañías utilizan espacios para rotulado. Estos espacios generalmente contienen la misma información, pero difieren en su disposición. En la fig. 18-168 se muestra el espacio de rotulado utilizado por la General Motors. Todos los espacios de rotulado contienen el nombre del dibujante, la escala, el número de hojas y el nombre de la compañía. Muchas compañías dan un número de referencia a cada hoja de dibujo; este número puede también ser el número de la parte dibujada.

Cuando un diseño que se presenta en un plano de fabricación es bastante original como para ser sometido a consideración para efectos de la patente de una invención, deberá darse información adicional cerca del espacio de rotulado. El inventor deberá firmar y fechar su trabajo y hacer firmar por lo menos a dos

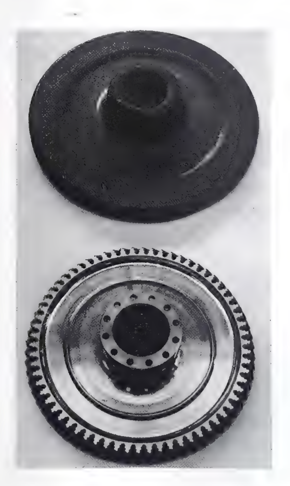


Fig. 18-164. Parte forjada y sin acabado; la misma después del maquinado. Se necesita un plano para dar las especificaciones de forja y los detalles de las operaciones de maquinado necesarias para completar la parte. (Cortesía de Lycomin Division de Avco.)

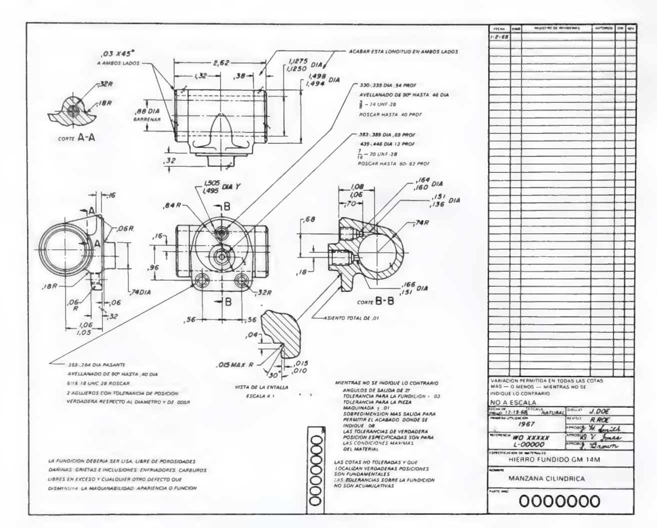


Fig. 18-165. Plano de maquinado de una manzana cilíndrica. (Cortesía de General Motors.)

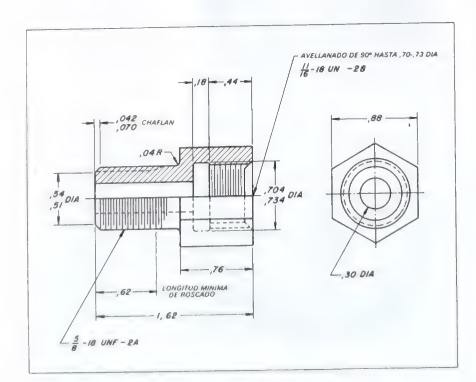


Fig. 18-166. Plano de fabricación en el cual se dan indicaciones de maquinado. (Cortesía de General Motors.)

PARA ARCHIVAR				PARA ENROLLAR				
TAMAÑO	X ANCHO	Y LARGO	Z MARGEN	TAMAÑO	X ANCHO	Y MIN LARGO	Y MAX LARGO	Z MARGEN
A(HORIZ)	8,50	11	,25 & ,38*	G	11	42	144	,38
A(VERT)	11	8,50	,25 & ,38*	H	28	48	144	,50
B	11	17	,38	J	34	48	144	,50
C	17	22	,50	K	40	48	144	,50
D	22	34	,50					
E	34	44	,50					
F	28	40	,50					

* LOS MARGENES HORIZONTALES, DE ,38". LOS VERTICALES de ,25"

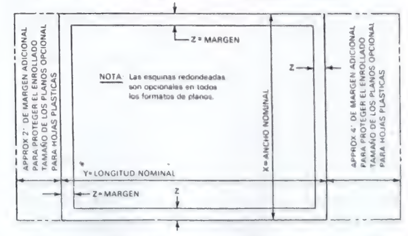


Fig. 18-167. Tamaños normalizados de planos de fabricación. (Cortesía del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.)

testigos para establecer la propiedad de las ideas (fig. 18-168). Aun cuando la idea haya sido patentada a nombre del inventor, se puede haber acordado con anterioridad que los derechos del diseño sean de propiedad de la empresa en la cual éste trabaja. Los planos hechos por los estudiantes como tarea son corrientemente mucho más sencillos que los chos en las grandes industrias. En la fig. 18-169 se muestra un ejemplo de rótulo principal y lista de partes. El espacio de rotulado deberá colocarse en el ángulo inferior derecho del plano y contra el margen. La lista de partes debe estar sobre el rotulado principal, en contacto con él.

Un rótulo alternativo que se puede usar para los trabajos de clase aparece en la figura 18-170. La separación entre líneas no deberá cambiarse, lo que sí podrá hacerse con la longitud del rectángulo para dar espacio suficiente para los títulos y nombres. Los rótulos principales de un juego de planos deberán tener el mismo tamaño. Las hojas de un juego de planos deben ser iguales de manera que, si se cosen con grapas, se puedan pasar las páginas como las de un libro para fácil referencia.

18-79 REVISION DE UN PLANO

Todos los planos deben ser revisados antes de ser enviados a producción, ya que el más leve error puede ser muy costoso cuando se hacen muchas partes. Las personas que revisan planos tienen cualidades especiales que las capacitan para sugerir revisiones y modificaciones que pueden producir un mejor producto a menor costo (fig. 18-171). El revisor puede ser un dibujante jefe que tenga experiencia en este tipo de trabajo o el ingeniero o diseñador que produjo el proyecto. En las grandes compañías, los planos son revisados por los diferentes talleres que tienen que ver en ellos para determinar si se han especificado los métodos de fabricación más eficientes para cada parte.

El revisor jamás revisa un plano original sino una copia heliográfica (impresión en líneas azules). Este escribe sobre la copia con

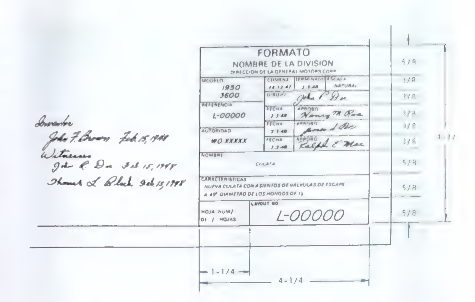


Fig. 18-168. Espacio para rotulado característico de los utilizados en la industria en planos de fabricación. (Cortesía de General Motors.)



Fig. 18-169. Rotulado principal y lista de partes suficientes para la mayoría de trabajos de los estudiantes.

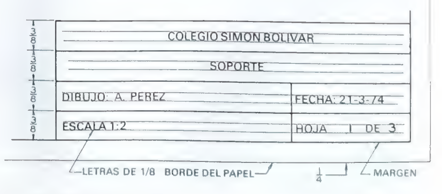


Fig. 18-170. Formato del rótulo principal para los trabajos de clase.



Fig. 18-171. Un departamento de ingeniería debe revisar los planos de trabajo antes de ser enviados a producción. (Cortesía de The Austin Company.)

un lápiz de color, haciendo las notas y correcciones que considera convenientes. Esta copia se remite al dibujante para la corrección del plano original y se envía una nueva copia para su aprobación.

En la fig. 18-172 se muestra un plano de fabricación de un buje especial. En este plano, las diferentes modificaciones hechas por los revisores se distinguen con letras encerradas por circunferencias y colocadas cerca de las revisiones. El dibujante lista y fecha las revisiones en el registro para tal fin. Obsérvese que las letras que indican las revisiones se colocan en hilera a lo largo del margen inferior, aproximadamente bajo las revisiones. Este procedimiento sirve para comprobar que no se ha pasado por alto ninguna de las revisiones.

Nótese que en la preparación y aprobación del plano están envueltos varios dibujantes y revisores. Para asegurar la uniformidad de producción de partes semejantes, en el rótulo principal están impresas las tolerancias e informaciones generales.

El revisor es responsable de la validez del diseño y de sus características funcionales. Es también responsable de que el plano esté completo, de su calidad, facilidad de interpretación, rotulados, técnicas de dibujo y claridad. Una vista mediocremente dibujada deberá hacerse de nuevo para que llene las necesidades de la empresa, de manera que se pueda repro-

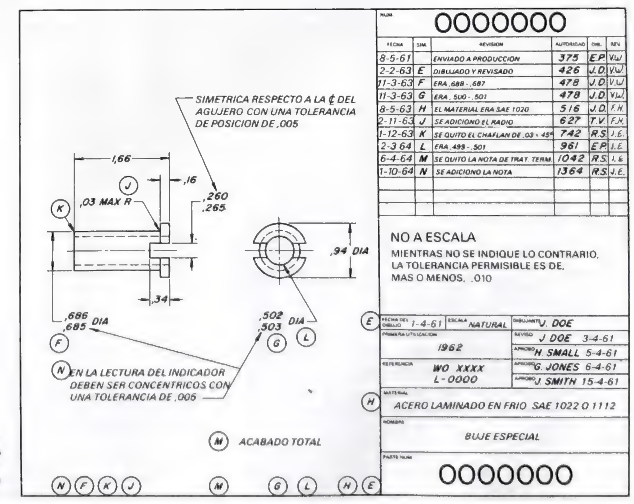


Fig. 18-172. Plano de fabricación que muestra las revisiones que le fueron hechas y éstas ordenadas en una tabla. (Cortesía de General Motors.)

ducir claramente y sea fácilmente comprendida por todos los que hagan uso de ella. La calidad de la letra es muy importante. Puesto que los planos de fabricación no se deben escalar, el operario del taller debe confiar en las cotas y notas escritas para informarse. El mejor método para que un estudiante revise sus planos cuando los ha terminado es construir un dibujo a escala de la parte descrita en ellos. Frecuentemente, es más fácil encontrar los errores de otra persona que los cometidos por uno mismo. Un buen ejercicio es intercambiar los planos con un compañero de clase y cada uno revisarlos por separado.

18-80 EL REGISTRO DEL DIBUJANTE

Un dibujante encontrará que se pueden hacer muchos cambios y revisiones antes de que sea aprobado el plano definitivo. Este deberá llevar un registro de todos los cambios, modificaciones y decisiones que se hubieran hecho durante el proyecto. Deberán registrarse los cambios, fechas y personas relacionadas con ellos a medida que el proyecto progresa, para que sirvan como referencia y reseña del proyecto final.

En la fig. 18-173 se da un ejemplo del registro del dibujante. Primero aparecen la descripción del proyecto y sus objetivos. Cada cambio y su razón de ser se anotan bajo el título «Progreso, Decisiones y Autoridad». Las personas responsables del cambio se mencionan por sus nombres.

Estas notas sirven para refrescar la memoria de cualquiera que desee repasar el proyecto. Durante la preparación de un proyecto, frecuentemente, se efectúan cálculos. Si estos se pierden o se dan mediocremente, será necesario hacerlos de nuevo. Como consecuencia, los cálculos deberán formar parte del registro y adjuntarse a éste. Esto reducirá el tiempo perdido y la repetición del trabajo. Todas las notas deberán ser lo suficientemente completas para que cualquier persona que lea el registro las entienda.

NOTAS DE DISEÑO DEL DIBUJANTE — Página núm. 1 de 1 pág/s

Descripción detallada: Disposición y detalles del nuevo engranaje de trasmisión de baja velocidad y acople del árbol principal. El piñón de baja velocidad ha de tener el diametro interior de las estrías muy bien pulido con respecto a los dientes del engranaje y el árbol principal ha de tener tres superficies pulidas para montar en ellas los engranajes de baja velocidad.	Trabajo núm. 9344-77 Trasmisión del árbol principal a los engranajes de primera y retromarcha Modelos: 1950 Ingeniero: Sr. Poe Fecha de iniciación: 25-3-1974 Fecha de terminación: 7-4-1974 Plano núm. L-35042

Objetivo del trabajo: Eliminar ajustes selectivos en las partes acopladas.

Referencias: L-33827

Progreso, decisiones y autoridad

30-3-1974. Los Sres. Doe y Poe decidieron cambiar el árbol ranurado básico de 22 dientes con tres superficies desigualmente espaciadas por un árbol básico de 24 dientes con seis superficies igualmente espaciadas y un árbol básico de 24 dientes con ocho superficies igualmente espaciadas.
Los ingenieros pidieron, además, estudiar un cubo más largo para el primer engranaje de la retromarcha para disminuir el desgaste.
6-4-1974. Después de investigaciones preliminares, los Sres. Doe y Poe decidieron abolir la construcción de las 8 superficies y el cubo largo.
7-4-1974. El Sr. Poe decidió que se hiciera un dibujo adicional de un árbol básico con 22 dientes, en el cual se alternaran dientes y superficies.

Deben adjuntarse, fechados, los cálculos y bosquejos. — R. Doe — Firma

Fig. 18-173. Deberá conservarse un registro del dibujante, como archivo del proyecto para explicar en él las actividades llevadas a cabo, y que, en caso contrario, podrían olvidarse.



Fig. 18-174. Se utiliza un plano de conjunto para explicar cómo se montan las partes de un producto tal como este tractor Ford. (Cortesía de Ford Motor Company.)

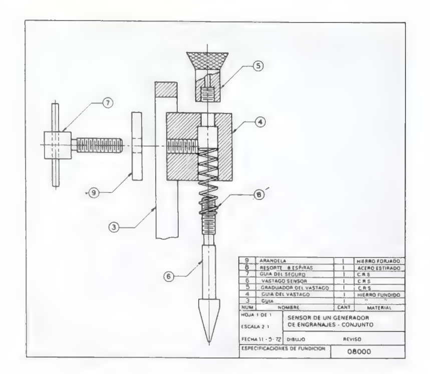


Fig. 18-175. Plano de conjunto parcialmente explotado del sensor de una herramienta de corte.

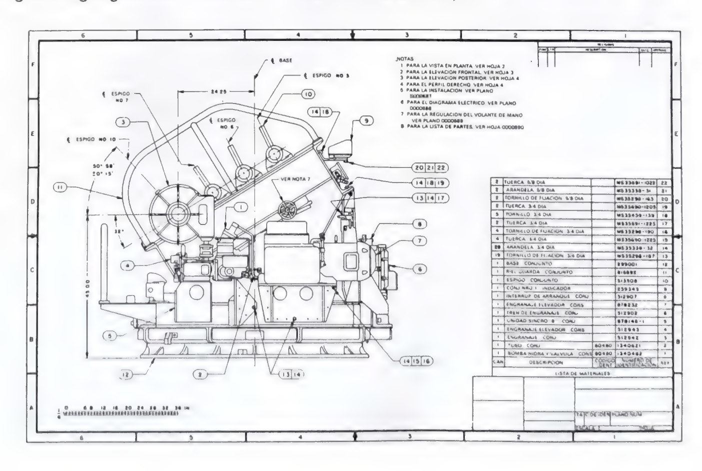
18-81 PLANOS DE CONJUNTO

Muchos diseños están formados por un número de partes que deben ajustar de determinada manera para llevar a cabo la función deseada. Muchas partes se hacen independientemente y, quizás, en regiones geográficas diferentes y por distintas personas. Cuando las partes se han terminado y están listas para montar, se necesita un plano que indique cómo efectuar el montaje. Por ejemplo, las partes del motor y de la transmisión para tractor de la figura 18-174 deben montarse en el orden especificado por un plano de conjunto.

Un plano de conjunto puede ser en vistas ortogonales o en perspectiva. Además, puede mostrar las partes realmente montadas o las puede mostrar en forma de conjunto explotado, según la representación que dé mayor claridad.

En la fig. 18-175 se muestra un subconjunto del brazo guía de un vástago generador de engranajes. Varias de sus partes se han explotado para mayor claridad y el vástago y el resorte aparecen parcialmente explotados. Para identificar cada parte, sólo se ha dado su número de referencia, ya que las partes se han descrito y acotado completamente en los planos de fabricación. Se adjunta una lista de partes que sirve como referencia para ordenar las partes del conjunto. Se utilizan cortes

Fig. 18-176. Plano de conjunto que muestra las relaciones generales entre las partes de un conjunto. (Cortesía del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.)

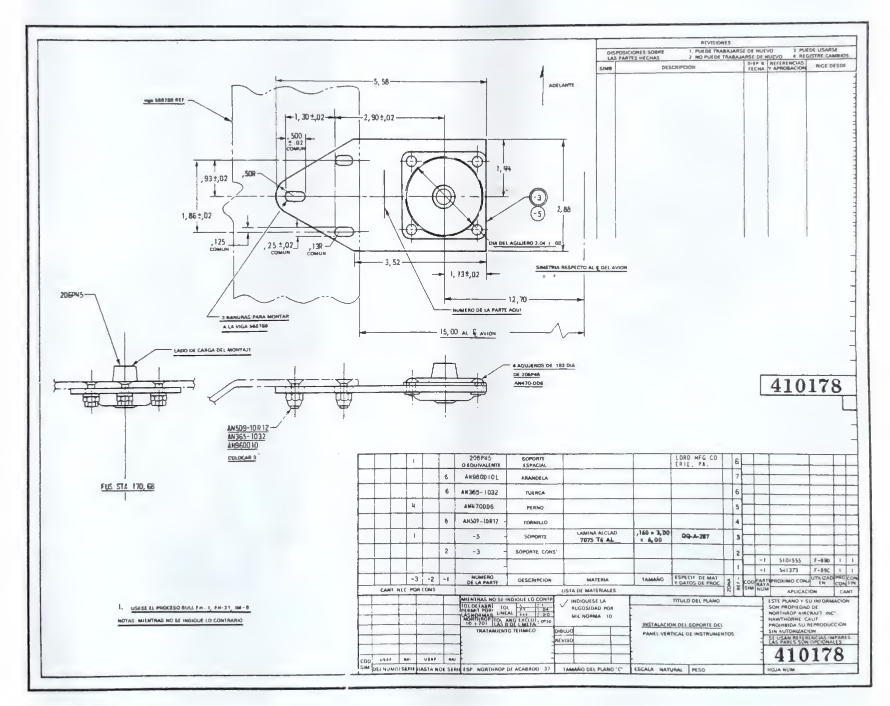


para aclarar los detalles del conjunto. En la figura 18-162 se puede ver otro conjunto de este mismo tipo.

Los planos de fabricación hacen posible que la planta monte las partes en la forma correcta. En un plano de conjunto de este tipo son innecesarias las cotas.

En la fig. 18-176 se muestra un *plano de conjunto*. Este plano muestra un conjunto de varios componentes, muchos de los cuales tienen su propio conjunto de partes. Sólo aparecen unas pocas cotas esenciales para localizar componentes importantes respecto a los demás. En la lista de materiales, cada componente del conjunto se relaciona con un número. En la lista de materiales también se da el número de identificación de cada parte necesaria para completar el conjunto.

En la fig. 18-177 se muestra un plano de conjunto mucho más detallado. Este plano describe cómo se debe sostener un panel vertical de instrumentos. Este plano, además de mostrar el método de montaje, da todas las cotas del soporte.



-3	-2	-1	NUMERO DE LA PARTE	DESCRIPCION	MATERIA	TAMAÑO	ESPECIF. DE MAT Y DATOS DE PROC	ZONA	REF
1			206P45 O EQUIVALENTE	SOPORTE ESPACIAL			LORD MFG CO ERIE, PA.		8
		6	AN960D10L	ARANDELA					7
		6	AN365-1032	TUERCA					6
4			AN470DD6	PERNO					5
		8	AN509-10R12	TORNILLO					4
1			-5	SOPORTE	LAMINA ALCLAD 7075 T6 AL	,160 x 3,00 x 6,00	QQ-A-287		3
		2	-3	SOPORTE, CONS'					2
									1

CANT NEC POR CONS — LISTA DE MATERIALES

COD SIM	PARTE RAYA NUM	PROXIMO CONJ	UTILIZADO EN	PRO CON	CON FIN
	-1	5101555	F-89D	1	1
	-1	541373	F-89C	1	1

APLICACION — CANT

Fig. 18-177. Plano de un conjunto en detalle. (Cortesía de Northrop Corporation.)

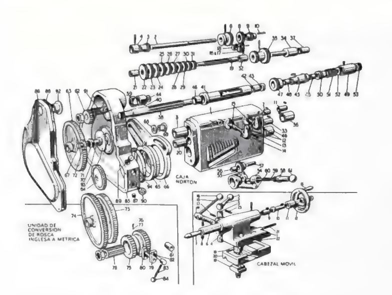


Fig. 18-178. Conjunto explotado en perspectiva de las partes de la caja de velocidades y cabeza móvil de un torno. (Cortesía de F. S. Harrison & Sons Limited.)

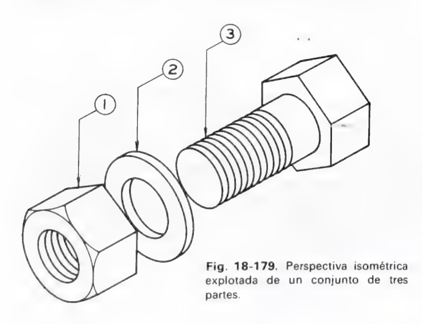


Fig. 18-179. Perspectiva isométrica explotada de un conjunto de tres partes.

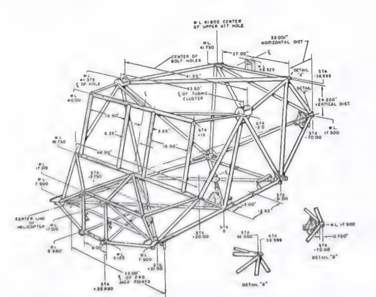


Fig. 18-180. Plano de conjunto en perspectiva (acotado) de la estructura de un helicóptero. (Cortesía de Bell Helicopter Corporation.)

18-82 CONJUNTOS EN PERSPECTIVA

En muchos casos es conveniente mostrar los conjuntos en perspectiva para hacerlos de más fácil comprensión. En la fig. 18-178 se muestra un ejemplo característico de conjuntos en perspectiva. Todas las partes del conjunto de un torno aparecen explotadas y cada una está colocada de manera que se observe claramente cómo están montadas. Las partes están numeradas en correspondencia con una lista de partes (no mostrada).

En la fig. 18-179 se muestra un conjunto sencillo. El uso de los principios del dibujo hace que este conjunto sea muy fácil de comprender. Puesto que para las personas no versadas en asuntos técnicos es más fácil comprender una perspectiva que un plano de vistas múltiples, para mayor claridad muchos dibujos se acotan en la vista en perspectiva. Un ejemplo de este tipo es la estructura de helicóptero de la fig. 18-180. Esta ilustración muestra los detalles y dimensiones del conjunto más claramente que cualquier otro tipo de dibujo.

18-83 PLANOS ESQUEMATICOS

Un *plano esquemático* es un plano preliminar que muestra una o varias partes y sus interrelaciones. Un esquema puede ser uno de los primeros pasos del desarrollo de un nuevo diseño. El esquema puede ser útil para determi-

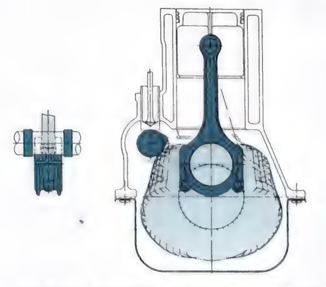


Fig. 18-181. Para estudiar las distancias entre las bielas y las paredes del cárter se usa un plano esquemático. (Cortesía de General Motors.)

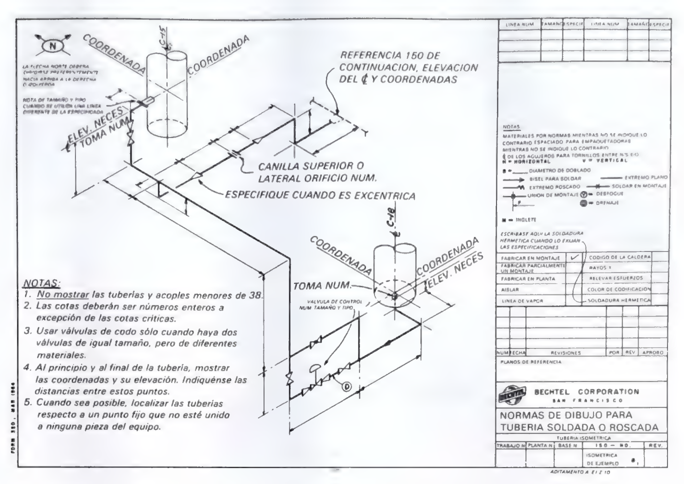


Fig. 18-182. Un esquema de tuberías, hecho con símbolos lineales. (Cortesía de Betchel Corporation.)

nar cómo se deben montar varias partes y cuáles deben ser sus tolerancias. También es muy útil en el estudio de las relaciones geométricas entre partes que se mueven.

El plano esquemático de la fig. 18-181 se utilizó para analizar los espacios entre la trayectoria de la biela y las paredes del cárter y el árbol de levas. El espacio entre la trayectoria de la biela y las paredes del cárter debe, por fuerza, ser mayor, puesto que la biela es un producto de forja y las paredes del cárter son bastas. Como se muestra a la izquierda, deben darse tolerancias a ambos lados de la biela.

18-84 ESQUEMAS DE TUBERIAS

Un plano de tuberías da el esquema de un sistema de tuberías, especificando las longitudes del sistema y las partes normalizadas del mismo. Un esquema de tuberías puede representarse en vistas ortogonales o en perspectivas. El ejemplo de la fig. 18-182 es un dibujo *isométrico lineal*. Para representar las tuberías se usa una línea y símbolos. Los símbolos, tanto lineales como de doble línea, se explican en el Apéndice 8.

Un dibujo en *doble línea* emplea dos líneas para representar las tuberías; por esta razón, es más real que la representación lineal. Ambos métodos presentan en la práctica la misma efectividad; sin embargo, la representación lineal tiene la ventaja de ser más fácil de dibujar. En la fig. 18-183 se muestra un ejemplo de representación en doble línea.

18-85 PLANOS DE ELECTRONICA

Los planos de electricidad y de electrónica se asemejan más a esquemas que a planos de trabajo acotados como los estudiados en este capítulo. Como se ilustra en la fig. 18-184, los elementos pueden representarse en un diagrama de bloques, en vez de en un dibujo en perspectiva. Un diagrama sencillo de bloques está formado por bloques rotulados y unidos en serie, el último de los cuales representa la función deseada del sistema.

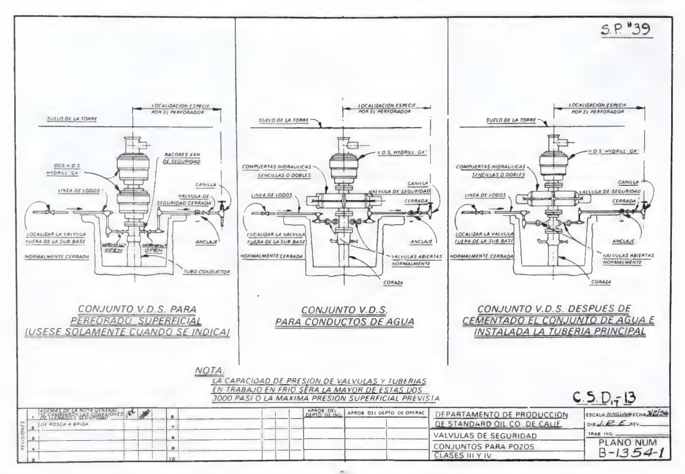


Fig. 18-183. Dibujo de una tubería con dobles líneas. (Cortesía de Standard Oil Corporation of California.)

Los diagramas de bloques se pueden emplear para relacionar partes de un sistema eléctrico o electrónico en pasos funcionales, comenzando con el generador de potencia, la entrada, y terminando con la función de salida (fig. 18-185); la salida en un radio sería, por ejemplo, el sonido. Los diagramas de bloques no se pueden utilizar para el montaje de circuitos electrónicos. Por esta razón, se necesita un *plano esquemático*.

La fig. 18-186 es un diagrama esquemático que muestra las diferentes partes de un circuito. Se dibujan los símbolos y a cada uno se adiciona una nota para especificar las partes que deberá unir en el circuito. También se usa un plano esquemático para revisar un sistema electrónico cuando éste no funciona correctamente (fig. 18-187). No existe ninguna relación entre el tamaño de los símbolos o la longitud de las líneas y las dimensiones físicas reales de los elementos. El plano esquemático sencillamente indica el orden en que están unidas las partes para completar el circuito. Para ayudar al dibujante en la preparación

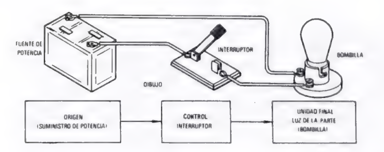


Fig. 18-184. Diagrama de bloques de un circuito eléctrico, comparado con un dibujo ilustrativo del mismo.

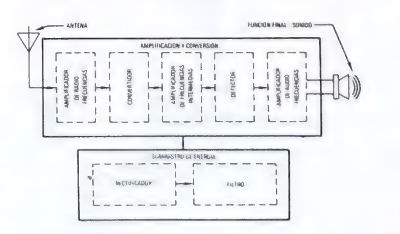


Fig. 18-185. Diagrama de bloques que relaciona todas las partes de un sistema electrónico en partes funcionales. (Cortesía, con la figura anterior de Boeing Company.)

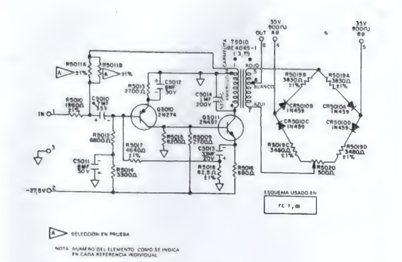


Fig. 18-186. Diagrama esquemático de un circuito electrónico. (Cortesía de Boeing Company.)

de planos esquemáticos, existen plantillas y guías. La tabla del Apéndice 7 da las dimensiones relativas de los símbolos utilizados en los planos esquemáticos.

18-86 REPRODUCCION DE PLANOS DE FABRICACION

El plano hecho por el dibujante se emplea muy poco en su forma original. Sería poco práctico que los revisores y, más aún, los trabajadores del taller o del montaje manejaran los planos originales. El plano se averiaría o ensuciaría rápidamente y no se podría tener una copia como archivo permanente del trabajo. Por estas razones, es necesaria la reproducción de los planos, de manera que se disponga de copias para las personas envueltas en el proyecto. Un revisor puede escribir sus correcciones sobre una copia de trabajo sin averiar el plano original. El dibujante, a su vez, puede hacer las correcciones sobre el original a partir de la copia de trabajo.

Se deben hacer copias de los originales para suministrarlas a las personas que licitarán el proyecto o para las personas que lo construirán de acuerdo con las especificaciones de los planos. Para hacer copias se utilizan varios métodos de reproducción que tradicionalmente se conocen como heliográficas. Este término se ha tomado del proceso inicial de reproducción, el cual producía copias en líneas blancas sobre el fondo azul. La palabra heliográfica se usa todavía, aunque incorrectamente, para referirse a casi todas las reproducciones de planos de fabricación, sin tener en cuenta el proceso de reproducción. Sin embargo, el lector deberá familiarizarse con los diferentes procesos, para que se refiera a ellos con propiedad. Los procesos que aquí se tratarán son: (1) el heliográfico de fondo blanco; (2) heliográfico de fondo azul; (3) el de microfilmación, y (4) el Xerox. Estos son los procesos que con mayor frecuencia se utilizan para reproducir planos de ingeniería.

18-87 HELIOGRAFICAS DE FONDO BLANCO

Las heliográficas de fondo blanco se llaman así porque son reproducciones en líneas azules sobre fondo blanco. Se pueden obtener reproducciones en líneas de otro color, de acuerdo con el tipo de papel utilizado. El fondo blanco permite que las notas y correcciones hechas sobre la copia sean más claramente visibles que las hechas sobre copias en fondo azul.

Las copias, tanto en fondo azul como en fondo blanco, necesitan que los originales sean hechos sobre papel traslúcido, papel tela o película plástica, que permitan el libre paso de la luz a través del plano. El papel sobre el



Fig. 18-187. Un plano esquemático de electrónica es necesario para revisar un circuito averiado. (Cortesía de U. S. Air Force.)



Fig. 18-188. Máquina Bruning 450 para hacer copias heliográficas en fondo blanco de planos de hasta 1 metro de ancho. (Cortesía de Bruning Company.)

cual se hacen las copias, papel heliográfico, es un papel tratado químicamente de tal forma que tiene un tinte amarillento en una de sus caras. Este papel debe almacenarse lejos del calor o la luz, para evitar que se dañe.

El plano en papel traslúcido se coloca con la cara dibujada hacia arriba, sobre la cara amarilla del papel heliográfico y, a continuación, se lo deja correr por la máquina heliográfica, en la cual se expone el plano a un rayo de luz. La luz pasa a través del papel traslúcido e insensibiliza la cara amarilla del papel heliográfico, excepto en las partes en las cuales las líneas del dibujo protegen al papel de la luz. Después de esta exposición a la luz, el papel heliográfico es un duplicado del plano original, con la excepción de que las líneas son ligeramente amarillas y no son permanentes. A continuación, el papel heliográfico se pasa por la unidad de revelado de la máquina, en donde, por exposición a los humos de amoníaco, las líneas amarillas se transforman en líneas azules permanentes. El proceso heliográfico de fondo blanco es un proceso totalmente en seco.

En la fig. 18-188 se muestra una máquina heliográfica impresora reveladora. Esta máquina puede trabajar con pliegos de hasta 1 metro de anchura.

La velocidad a la cual pasa el plano bajo la luz determina la intensidad de la copia. A bajas velocidades se insensibiliza más el amarillo del papel, con lo cual se obtiene un fondo mucho más claro; sin embargo, se pueden esfumar muchas de las líneas suaves del plano. La gran mayoría de copias heliográficas se hacen a una velocidad un poco mayor, para obtener un fondo ligeramente azul y líneas de la copia más intensas. Los planos en tinta dan las mejores reproducciones, puesto que sus líneas son de calidad uniforme.

Es importante recordar que la calidad de las copias en fondo blanco está determinada por la calidad de los originales. Una copia no será clara y asimilable mientras las líneas del original no sean densas e intensas. La luz podrá atravesar las líneas grises y el resultado será una copia difusa poco satisfactoria.

18-88 HELIOGRAFICAS DE FONDO AZUL

Las heliográficas de fondo azul se hacen sobre papel con una de sus caras tratadas químicamente. Como en el proceso anterior, se coloca el papel traslúcido en contacto con la cara del papel heliográfico que ha sido químicamente tratada y luego se expone a la luz. El papel heliográfico, una vez expuesto, se lava en agua limpia por unos cuantos segundos y se recubre con una solución de dicromato de potasio. La copia se lava y seca. Los pliegos húmedos se pueden colgar en una línea de secado o se pueden secar por un equipo especial construido para este propósito. Este proceso de reproducción se utiliza aún, pero en menor grado que en el pasado. Siendo un proceso húmedo, exige más tiempo que el proceso de fondo blanco.

18-89 MICROFILMACION

La microfilmación es un proceso fotográfico que transforma grandes planos en copias de película, en tarjetas especiales o en rollos de película. Los planos se pueden fotografiar con

películas de 16 mm o de 35 mm. En la figura 18-189 aparece una cámara con su mesa copiadora. El rollo de película o la tarjeta especial se puede colocar en una ampliadora-impresora de microfilms (fig. 18-190) en la cual se pueden observar en una pantalla los planos individuales. A continuación, y a partir de la película, se pueden imprimir planos de tamaños normalizados, con base en los planos escogidos. El rango de ampliaciones varía de acuerdo con el equipo empleado. Las copias hechas a partir de microfilms generalmente son más pequeñas que los originales, con lo cual se ahorra papel y los planos se vuelven más manejables y fáciles de usar.

La microfilmación permite la eliminación de grandes y voluminosas filas de planos, puesto que en una pequeña longitud de película se pueden almacenar cientos de planos en miniatura. Las tarjetas especiales que se muestran en la fig. 18-190 son tarjetas de procesamiento que se pueden archivar y llamar por computador, para encontrarlas con un mínimo de esfuerzo. La principal ventaja de la microfilmación es el ahorro de tiempo y espacio.



Fig. 18-189. Cámara y mesa copiadora de la Micro-Master® de 35 mm, empleada en la microfilmación de planos de ingeniería. (Cortesía de Keuffel & Esser Company.)



Fig. 18-190. Ampliadora-impresora Bruning 1200 de microfilm, que hace copias de hasta 50×60 cm a partir de rollos de película o tarjetas especiales. (Cortesía de Bruning Company.)

18-90 REPRODUCCION XEROX

El Xerox es un proceso electrostático para duplicar planos sobre papel corriente sin sensibilizar. Este proceso se utilizó inicialmente para las necesidades de duplicación en oficinas, pero, recientemente, se ha empezado a emplear para la reproducción de planos de ingeniería.

Una ventaja del proceso Xerox es la posibilidad de hacer copias en tamaño reducido (figura 18-191). La nueva Xerox 840 reduce planos hasta de 60×90 cm directamente a partir del original hasta tamaños que oscilan entre 20×25 y 35×50 (fig. 18-192). Esta máquina puede hacer 40 copias por minuto.

Un clasificador puede manejar automáticamente hasta 50 conjuntos de planos y especificaciones. Se pueden reproducir, doblar y legajar treinta conjuntos de 15 planos cada uno (450 documentos en total) en menos de 30 minutos. En el futuro se desarrollarán otros procesos de este tipo para ahorrar tiempo y trabajo.

18-91 RESUMEN

El primer paso de la realización de una idea ya concebida es un proceso casi comple-

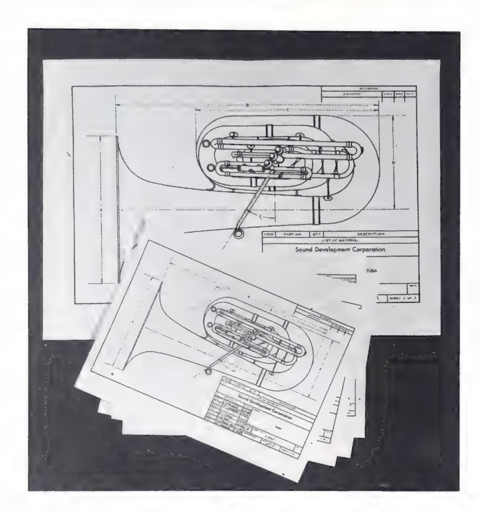


Fig. 18-191. El Xerox es un proceso electrostático para hacer copias sobre papel corriente. Las copias se pueden reducir a tamaños más convenientes.



Fig. 18-192. La Xerox 840 reduce planos de hasta 60×90 cm a copias de hasta 20×25 cm. Con esta máquina, que usa el proceso de reproducción Xerox, se pueden hacer 40 copias por minuto. (Cortesía, con la figura anterior, de Xerox Corporation.)

tamente gráfico, necesario en todos los campos de la técnica y la ingeniería. El ingeniero debe comprender todos los detalles de la preparación de planos, independientemente de que sea él quien los haga o supervise su preparación, puesto que es el responsable de la exactitud de los planos finales. Los planos de fabricación generalmente son dibujos ortogonales acotados, pero no existen limitaciones acerca de qué tipos de dibujos deben utilizarse. El objetivo principal es comunicar ideas, utilizando el procedimiento gráfico de que se disponga. Los planos pueden variar desde perspectivas hasta esquemas.

Las cotas y notas deben comprobarse para obtener la exactitud que asegure que no contiene errores o información equívoca. Es más importante que las cotas y notas sean correctas a que el dibujo sea preparado con un alto grado de detalles. Algunas industrias han desarrollado una forma simplificada de símbolos, los cuales disminuyen el tiempo de dibujo y la necesidad de elaborar detalles. Los medios para aclarar los detalles son las notas utilizadas para complementar el dibujo, de la misma manera que las notas de roscado se usan sobre los símbolos de rosca. Sin el empleo de los métodos gráficos en todas las etapas del proceso, un diseño nunca llegaría a ser realidad en la tecnología moderna. Los métodos gráficos son menos creativos y más rutinarios en la etapa de la elaboración de planos de fabricación en el proceso de diseño que durante las etapas iniciales de la concepción. Sin embargo, estos métodos son esenciales tanto en una etapa como en la siguiente. Las gráficas son la piedra angular del proceso de diseño.

PROBLEMAS

Generalidades

Los problemas deben presentarse en papel blanco o cuadriculado de 21×28 cm, utilizando el formato presentado en la sección 1-19 y el rótulo principal sugerido en este capítulo. Los planos completamente acotados deben dibujarse en una escala de ampliación sobre hojas de papel mayores, tamaños B o C,

según lo asigne el instructor. Use letra de 3 mm y líneas de guía. En los problemas dibujados sobre un reticulado, los cuadrados representan 5 mm cuando se dibujan a escala natural.

acotado

1 hasta 16. Se refieren a las figs. 18-193 a 18-208. Usese papel tamaño A. Utilizando instrumentos y sobre el papel indicado o papel traslúcido, dibuje las vistas ortogonales de las partes que se van a acotar. Complete las vistas cuando les falten líneas. Acote cada parte, utilizando los principios tratados en este capítulo. Cada cuadro del reticulado representa $^1/_4$". Preste especial atención a la colocación de las cotas y a la claridad de la letra y construcciones.

Tolerancias. Ajustes en cilindros

Para el formato de los problemas 17 a 26, véase la fig. 18-209. Para cada conjunto de especificaciones de estos problemas debe hacerse un dibujo separado. Complete la tabla de valores, haciendo la conversión de los obtenidos del Apéndice.

17. Complete las cotas y la tabla de la figura 18-206, utilizando un diámetro básico de 4,50" y un ajuste del tipo RC 3.

18. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 1,50" y un ajuste del tipo RC 1.

19. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 3,00" y un ajuste del tipo LC 1.

20. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 5,00" y un ajuste del tipo LC 4.

21. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 4,00" y un ajuste del tipo LT 2.

22. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 0,50" y un ajuste del tipo LT 6.

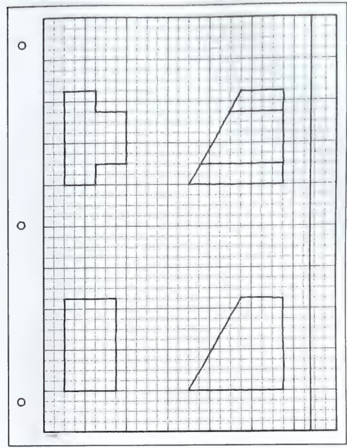



Fig. 18-194. Problema 2: Acotado de ángulos.

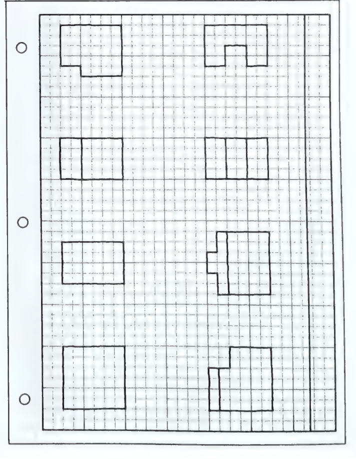


Fig. 18-193. Problema 1: Prismas.

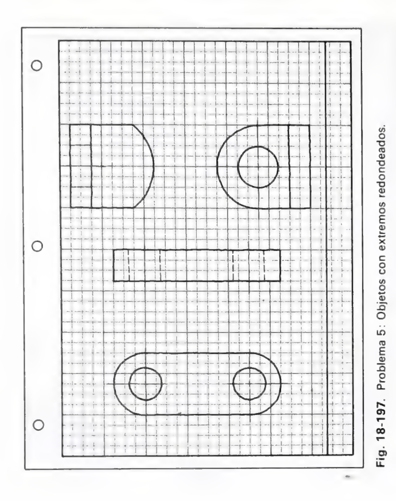


Fig. 18-197. Problema 5: Objetos con extremos redondeados.

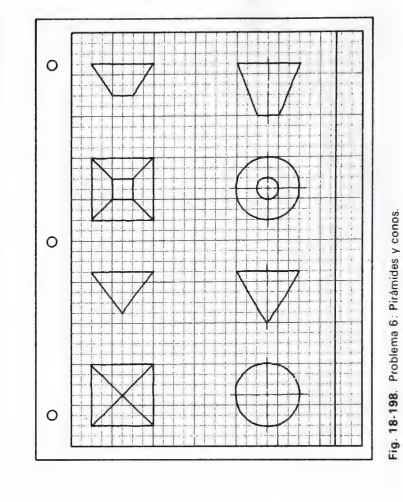


Fig. 18-198. Problema 6: Pirámides y conos.

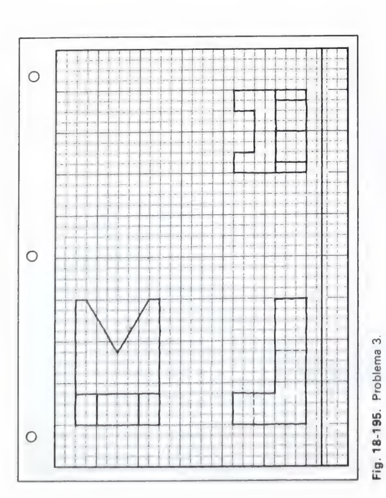


Fig. 18-195. Problema 3.

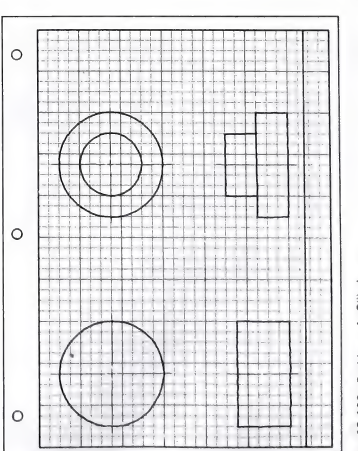


Fig. 18-196. Problema 4: Cilindros.

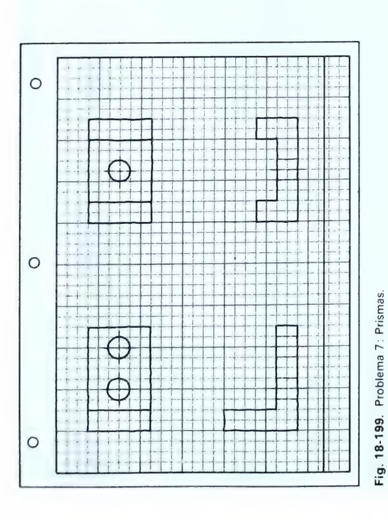


Fig. 18-199. Problema 7: Prismas.

Fig. 18-200. Problema 8: Bloque guía.

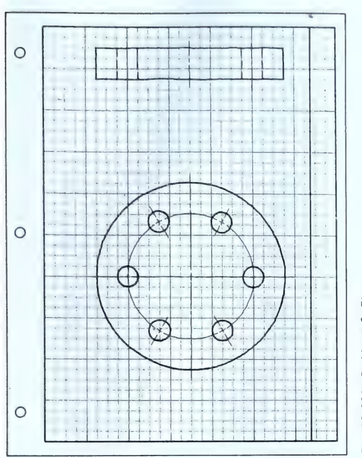


Fig. 18-201. Problema 9: Plato.

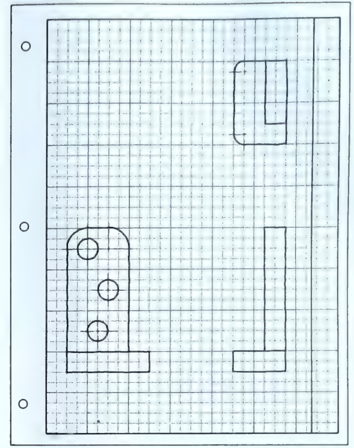


Fig. 18-202. Problema 10: Bloque empujador.

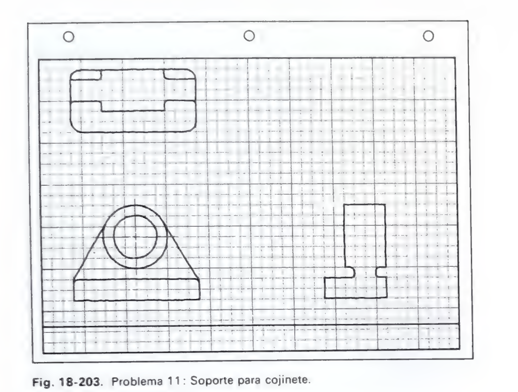


Fig. 18-203. Problema 11: Soporte para cojinete.

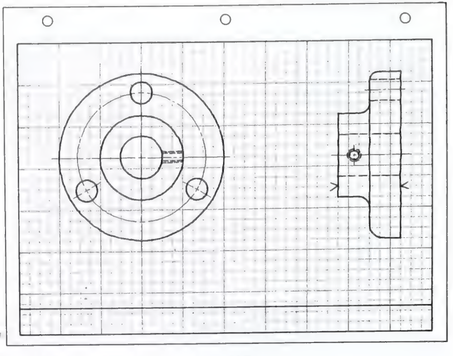


Fig. 18-205. Problema 13: Chapa con reborde.

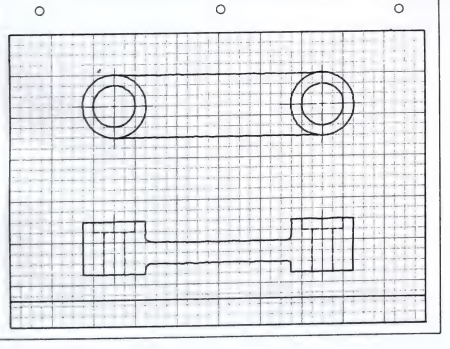


Fig. 18-204. Problema 12: Biela.

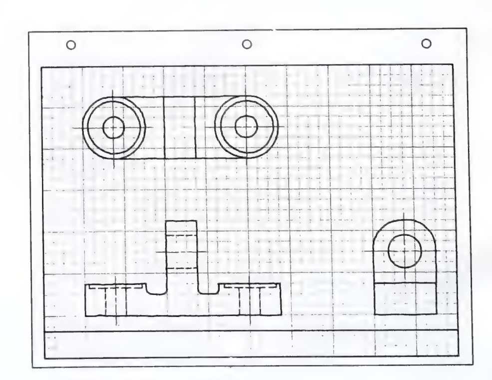


Fig. 18-206. Problema 14: Arbol guía.

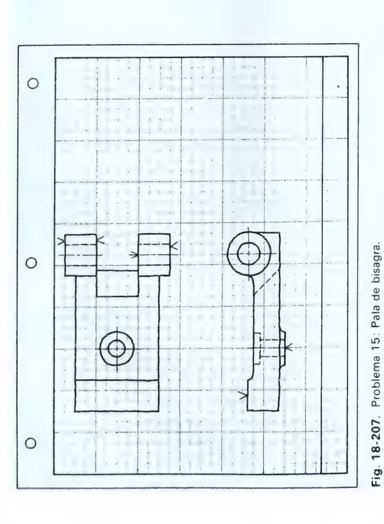


Fig. 18-207. Problema 15: Pala de bisagra.

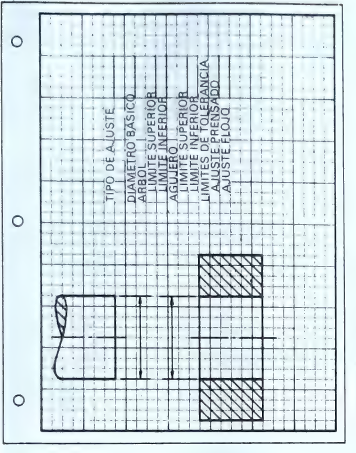


Fig. 18-209. Problemas 17 a 26.

Fig. 18-208. Problema 16: Enlace.

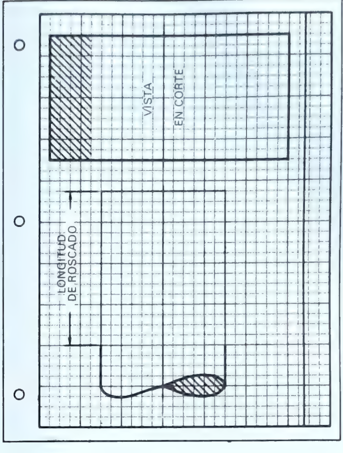


Fig. 18-210. Problemas 27, 28 y 29: Trazado de símbolos de roscado.

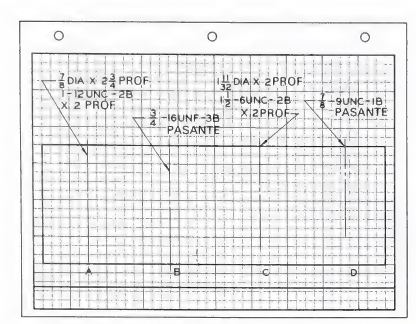


Fig. 18-211. Problemas 30, 31 y 32: Roscas internas.

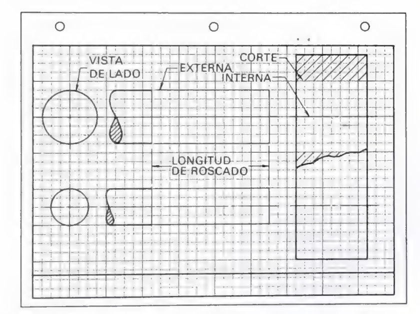


Fig. 18-212. Problemas 33, 34 y 35: Roscas internas y externas.

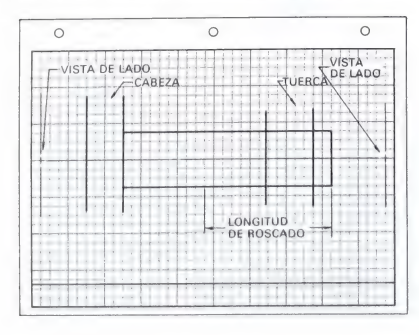


Fig. 18-213. Problemas 36, 37 y 38: Tuercas y tornillos en conjunto.

23. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 8,50″ y un ajuste del tipo LN 1.

24. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 1,80″ y un ajuste del tipo LN 3.

25. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 0,75″ y un ajuste del tipo FN 2.

26. Lo mismo que en el problema 17, utilizando un diámetro básico de 6,50″ y un ajuste tipo FN 4.

Pasadores

27. Usese el formato de la fig. 18-210 para construir una representación en detalle de una rosca Acme de diámetro exterior 3″. La nota de roscado es 3″-1$^1/_2$ ACME. Muestre las representaciones, tanto de rosca interna como de rosca externa. Muestre la nota de roscado.

28. Repita el problema 27, dibujando la representación en detalle de una rosca cuadrada de diámetro exterior 3″. La nota de roscado es 3″-1$^1/_2$ CUADRADA.

29. Repita el problema 27, dibujando la representación en detalle de una rosca Nacional americana. El diámetro exterior de cada parte es 3″. La nota de roscado 3″-4NC-2. Adjunte notas, tanto a la rosca interior como a la exterior.

30. En la fig. 18-211 se dan notas para especificar la profundidad de un agujero que se debe taladrar y la rosca que se debe terrajar en el agujero. Obedeciendo estas notas, construya en vista la representación en detalle, según las especificaciones.

31. Repita el problema 30, utilizando la representación esquemática.

32. Repita el problema 30, utilizando la representación simplificada.

33. La fig. 18-212 muestra un bosquejo de dos partes roscadas exteriormente y sus vistas

de lado. También muestra una parte en la cual deben atornillarse las roscas externas. Complete las tres vistas de cada parte. Utilice para las roscas la representación en detalle y adjunte notas a las roscas internas y externas. Emplee la tabla del Apéndice 12 para las especificaciones de roscado. Utilice roscas UNC.

34. Repita el problema 33, usando para las roscas la representación esquemática.

35. Repita el problema 33, usando para las roscas la representación simplificada.

36. Complete con instrumentos el dibujo de la fig. 18-213, para obtener una tuerca y un tornillo hexagonales semiacabados. La cabeza del tornillo debe dibujarse entre aristas. La tuerca es una tuerca pesada dibujada entre aristas. Muestre las notas que especifiquen las partes del conjunto. La especificación de roscado es $1^1/_2$-6UNC-3.

37. Complete con instrumentos el dibujo de la fig. 18-213, para obtener una tuerca y un tornillo cuadrado sin acabado. La cabeza del tornillo debe dibujarse entre aristas. La tuerca corriente debe dibujarse entre aristas. Use para las roscas la representación esquemática. Muestre las notas que especifican las partes. Use la tabla del Apéndice 12 para las especificaciones de roscado.

38. Complete con instrumentos el dibujo de la fig. 18-213, para obtener una tuerca y un tornillo hexagonales acabados. La tuerca y el tornillo corrientes se dibujarán entre aristas. Para las roscas emplee la representación simplificada. Muestre las notas que especifican las partes. Use la tabla del apéndice 12 para las especificaciones de roscado.

39. Las notas de la fig. 18-214 se aplican a tornillos de fijación y tornillos para máquinas que se deben dibujar en corte para las dos partes. Los agujeros en los cuales se dibujen los tornillos pueden tomarse como pasantes. Complete los dibujos y muestre las notas dadas. Muestre el rayado faltante. Para las roscas emplee la representación en detalle.

40. Repita el problema 39, empleando para las roscas la representación esquemática.

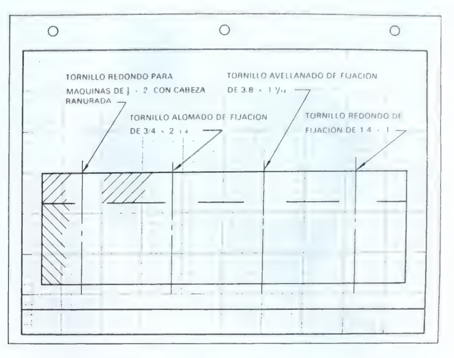


Fig. 18-214. Problemas 39, 40 y 41: Tornillos de fijación y tornillos para máquinas.

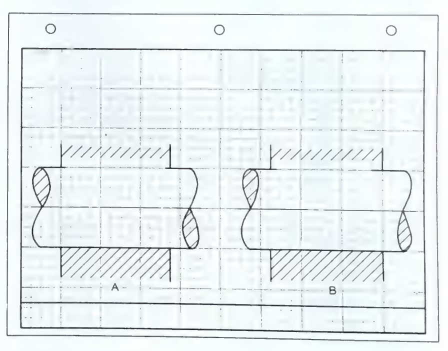


Fig. 18-215. Problemas 42 y 43.

41. Repita el problema 39, empleando para las roscas la representación simplificada.

42. La figura 18-215 muestra dos partes montadas sobre un árbol cilíndrico. Estas partes se mantienen en posición en A mediante una chaveta mediacaña con extremos rectos, y en B mediante una chaveta mediacaña con cabeza. Muestre las notas necesarias para es-

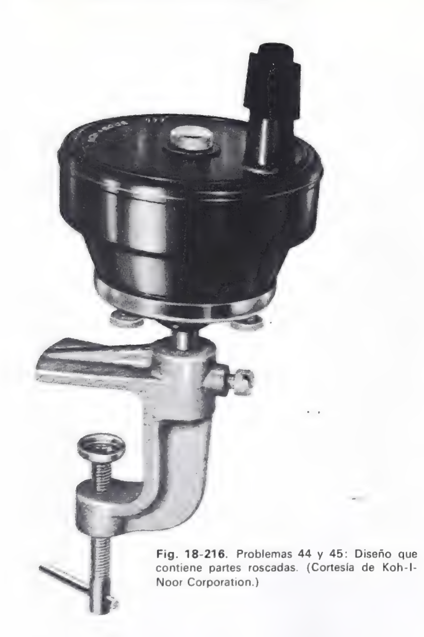


Fig. 18-216. Problemas 44 y 45: Diseño que contiene partes roscadas. (Cortesía de Koh-I-Noor Corporation.)

pecificar la chaveta y los chaveteros del árbol y del cubo.

43. Repita el problema 42, usando en A una chaveta mediacaña con extremos redondeados número 16, y en B una chaveta redonda número 1211. Muestre las notas necesarias para especificar la chaveta y los chaveteros del árbol y del cubo.

44. *Diseño*. El afilador de minas de la figura 18-126 tiene un árbol de $^{1}/_{4}''$ que entra en un soporte diseñado para asegurarse a la tapa de un escritorio. Una varilla roscada mantiene el árbol en su posición. Haga un plano del soporte, apreciando sus dimensiones. Muestre los detalles y el método de utilización de la varilla roscada para sostener el árbol. Dé las especificaciones de la varilla roscada.

45. Haga los dibujos necesarios para mostrar la parte roscada que se usa para asegurar a la mesa el soporte de la fig. 18-216. Dé las especificaciones necesarias en una nota.

Engranajes

Use pliegos de papel tamaño A (21×28 cm) para los siguientes problemas de engranajes.

46. Haga un plano de un engranaje cilíndrico análogo al que aparece la fig. 18-153. Calcule los valores para la tabla y muestre en el dibujo las cotas necesarias. El engranaje tiene 25 dientes y un paso diametral de 5.

47. Repita el problema 46 para un engranaje de 36 dientes y paso diametral de 8.

48. Construya una envolvente, utilizando un arco de 60° con radio de 4''. Emplee intervalos de 10° y muestre completamente la construcción.

49. Haga un plano de conjunto de un engranaje cilíndrico y un piñón acoplados. El piñón debe tener 10 dientes y un paso diametral de 4 y el engranaje 15 dientes y un paso diametral de 4.

50. En un pliego de formato B (28×42 cm) haga un dibujo de un piñón y engranaje cónicos acoplados a 90°. En la misma hoja haga un dibujo separado en detalle de cada engranaje.

51. Haga planos en detalle de los engranajes que se ilustran en la fig. 18-155.

Planos de fabricación

52 a 83. Estos problemas deben dibujarse como planos de fabricación, siguiendo las especificaciones de la sección 18-77 y los ejemplos vistos en este capítulo. Como superficie de dibujo se sugiere el papel traslúcido, de manera que sea posible hacer copias heliográficas de los planos terminados. Muestre todas las notas y cotas necesarias para que los planos se puedan interpretar y enviar a producción.

52. Véase la fig. 18-217. Haga un plano en detalle del soporte en un pliego tamaño A. Muestre las notas y cotas necesarias para describir la parte.

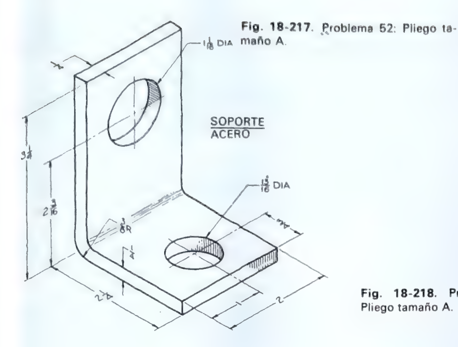


Fig. 18-217. Problema 52: Pliego tamaño A.

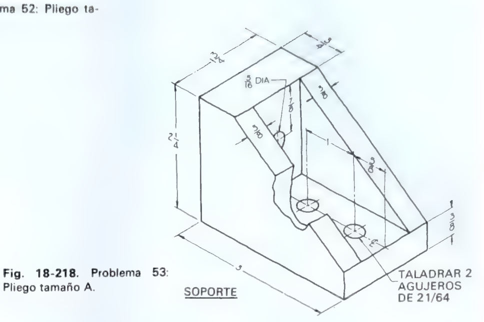


Fig. 18-218. Problema 53: Pliego tamaño A.

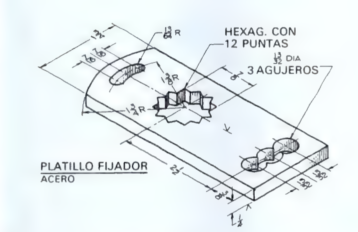


Fig. 18-219. Problema 54: Pliego tamaño A.

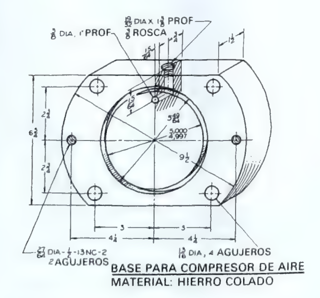


Fig. 18-220. Problema 55: Pliego tamaño A.

53. Véase la fig. 18-218. Haga un plano en detalle de la parte en un pliego tamaño A. Muestre las notas y cotas necesarias para describir la parte.

54. Véase la fig. 18-219. Haga un plano en detalle del platillo fijador en un pliego tamaño A.

55. Véase la fig. 18-220. Haga un plano en detalle de la base para compresor de aire en un pliego tamaño A.

56. Véase la fig. 18-221. Hágase un plano en detalle del soporte en un pliego tamaño A.

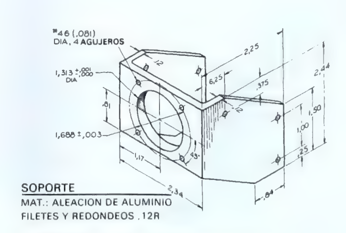


Fig. 18-221. Problema 56: Pliego tamaño A.

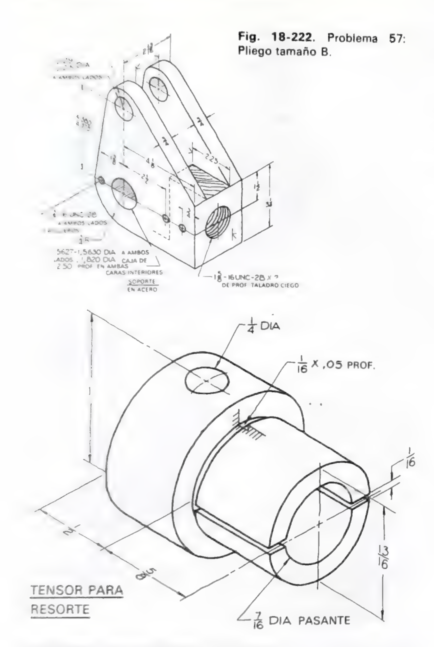


Fig. 18-222. Problema 57: Pliego tamaño B.

57. Véase la fig. 18-222. Hágase un plano en detalle del soporte en U en un pliego tamaño B.

58. Véase la fig. 18-223. Hágase un plano en detalle del tensor para resorte en un pliego tamaño B.

59. Véase la fig. 18-224. Hágase un plano en detalle de la manivela para pedal en un pliego tamaño B.

Fig. 18-223. Problema 58: Pliego tamaño B.

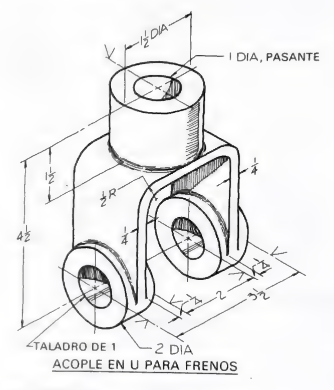


Fig. 18-225. Problema 60: Pliego tamaño B.

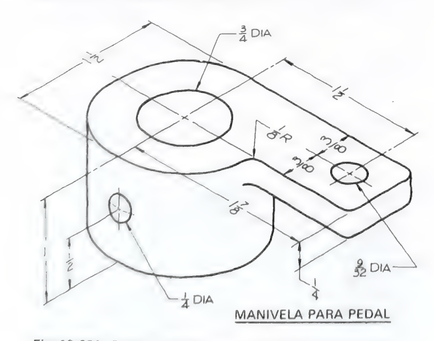


Fig. 18-224. Problema 59: Pliego tamaño B.

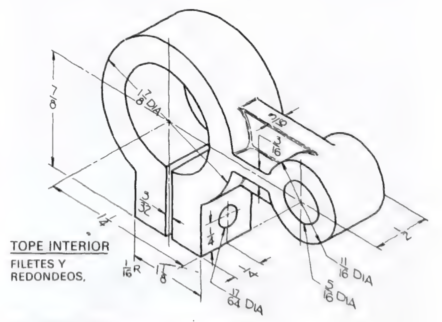


Fig. 18-226. Problema 61: Pliego tamaño B.

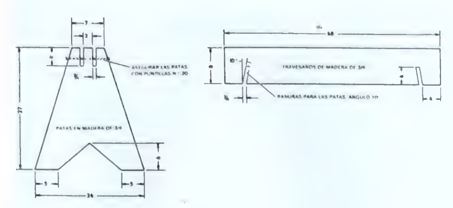


Fig. 18-227. Problema 62: Pliego tamaño B.



60. Véase la fig. 18-225. Hágase un plano en detalle del acople en U para frenos en un pliego tamaño B.

61. Véase la fig. 18-226. Haga un plano en detalle del tope interior en un pliego tamaño B.

62. Véase la fig. 18-227. Haga un plano en detalle del burro en un pliego tamaño B.

63. Véase la fig. 18-228. Haga un plano en detalle del patín en un pliego tamaño B.

64. Véase la fig. 18-229. Haga un plano en detalle de la guía inclinada en un pliego tamaño B.

65. Véase la fig. 18-230. Haga un plano en detalle del cojinete en un pliego tamaño B.

66. Véase la fig. 18-231. Haga un plano en detalle de la base para columna en un pliego tamaño B.

67. Véase la fig. 18-232. Haga un plano en detalle de la unión para solenoide en un pliego tamaño A.

68. Véase la fig. 18-233. Hágase un plano en detalle del soporte en un pliego tamaño A.

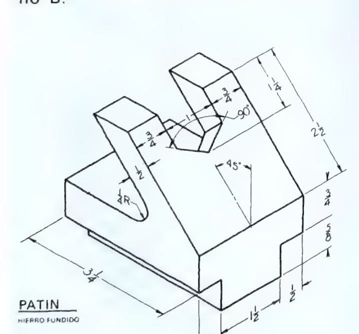


Fig. 18-228. Problema 63: Pliego tamaño B.

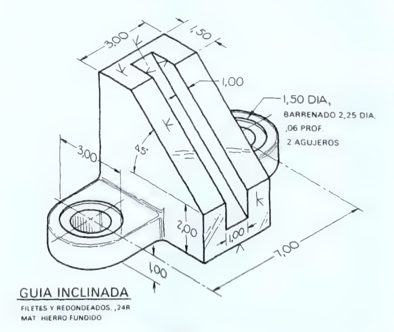


Fig. 18-229. Problema 64: Pliego tamaño B.

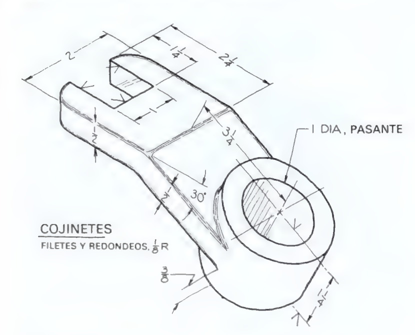


Fig. 18-230. Problema 65: Pliego tamaño B.

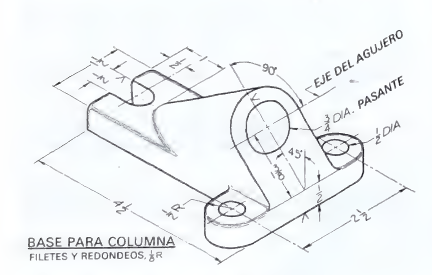


Fig. 18-231. Problema 66: Pliego tamaño B.

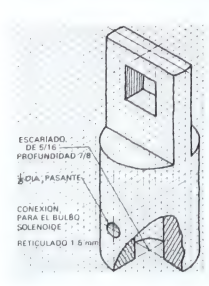


Fig. 18-232. Problema 67: Pliego tamaño A.

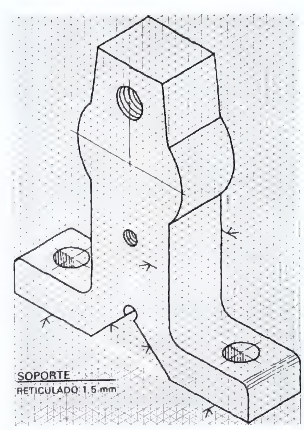


Fig. 18-233. Problema 68: Pliego tamaño A.

69. Véase la fig. 18-234. A partir del dibujo a mano alzada, haga un plano en detalle del acople en un pliego tamaño B. Añada las vistas que crea aclaran el dibujo. Use instrumentos.

70. Véase la fig. 18-235. A partir del dibujo a mano alzada, haga un plano en detalle del pistón en un pliego tamaño A. Utilice instrumentos y dé las cotas que faltan.

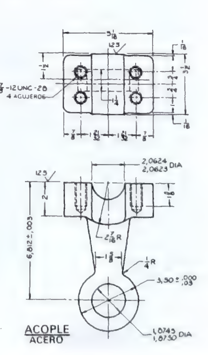


Fig. 18-234. Problema 69: Pliego tamaño B.

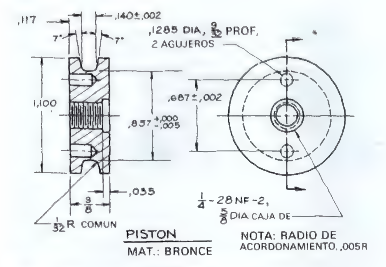


Fig. 18-235. Problema 70: Pliego tamaño A.

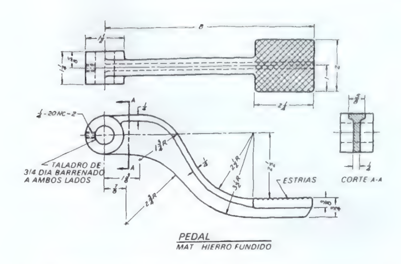


Fig. 18-238. Problema 73: Pliego tamaño C.

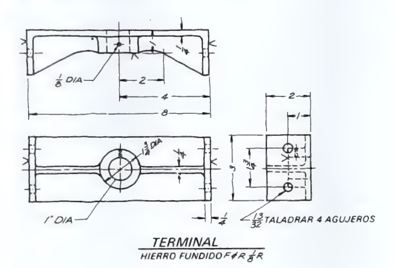


Fig. 18-236. Problema 71: Pliego tamaño B.

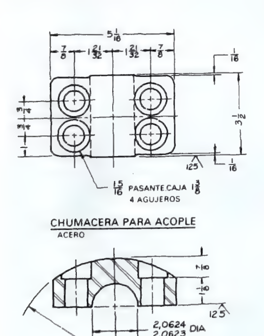


Fig. 18-237. Problema 72: Pliego tamaño B.

71. Véase la fig. 18-236. A partir del dibujo a mano alzada, haga un plano del terminal en un pliego tamaño B.

72. Véase la fig. 18-237. A partir del dibujo a mano alzada, haga un plano en detalle de la chumacera para acople en un pliego tamaño B.

73. Véase la fig. 18-238. A partir del dibujo a mano alzada, haga un plano en detalle del pedal en un pliego tamaño C.

74. Véase la fig. 18-239. Haga planos en detalle de las partes del soporte para tubería en pliegos tamaño B. Elabore una lista de partes.

75. Véase la fig. 18-239. Haga un plano de conjunto en vistas o en perspectiva del soporte para tubería de la figura.

76. Véase la fig. 18-240. Haga un plano en detalle de las partes del soporte para tubería de la figura. Elabore una lista de partes.

77. Véase la fig. 18-240. Haga un plano de conjunto, en vistas o en perspectivas, del soporte para tubería de la figura.

78. Véase la fig. 18-241. Haga un plano en detalle de las partes de la válvula de la figura. Elabore una lista de partes.

79. Véase la fig. 18-241. Haga un plano de conjunto, en vistas o en perspectiva, de la válvula en un pliego tamaño B.





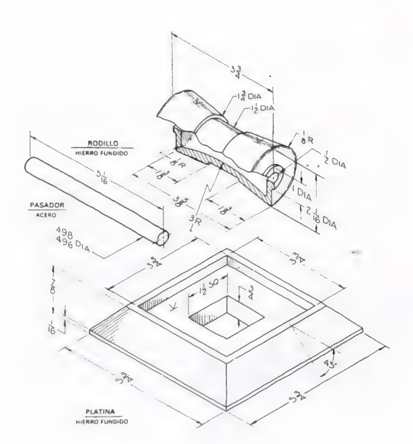


Fig. 18-239. Problema 74: Pliegos tamaño B.

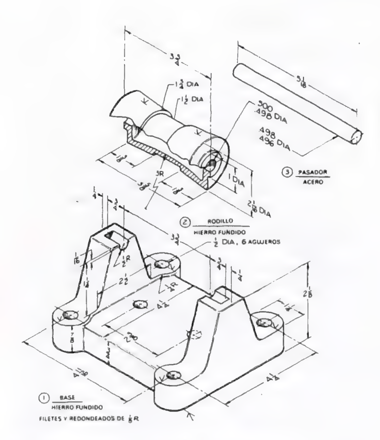


Fig. 18-240. Problema 76: Pliegos tamaño B.

80. Véase la fig. 18-242. Haga un plano en detalle de la guía en un pliego tamaño B.

81. Véase la fig. 18-243. Haga planos en detalle de la abrazadera en C de la figura. Elabore una lista de partes y dé las cotas que faltan.

82. Véase la fig. 18-243. Haga un plano de conjunto, en vistas o en perspectiva, de la abrazadera en C en un pliego de tamaño B.

83. Véase la fig. 18-244. Haga un plano en detalle de la guía transversal en un pliego de tamaño B.

84. Haga un plano definitivo de fabricación del aparato que aparece en la fig. 18-245 de acuerdo con las siguientes especificaciones. El árbol tiene $^3/_4$'' de diámetro y 1'' de su extremo penetran en la pieza vertical con ajuste prensado. Debe existir entre las dos piezas un ajuste de interferencia de ,010 y una tolerancia de ,002. La línea de eje del árbol está 3'' por encima de la base de 7'' × 7''. El tornillo moleteado tiene un diámetro exterior de $^3/_4$'' y está atornillado en un agujero roscado que atraviesa completamente la base. Las demás dimensiones, estímelas a ojo.

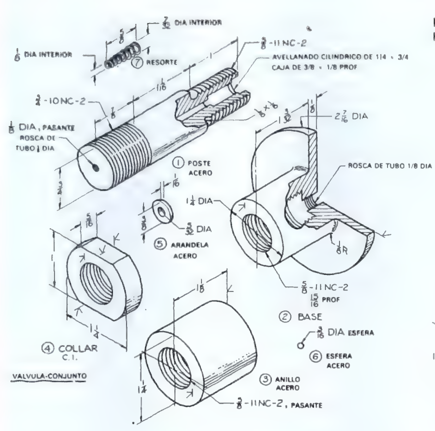
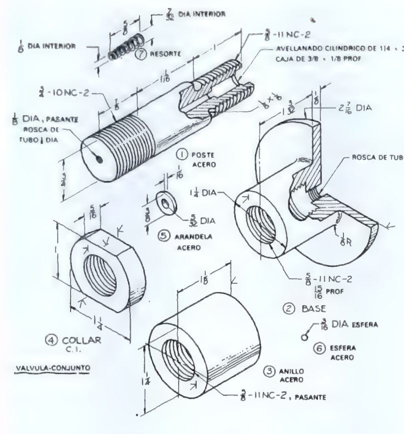
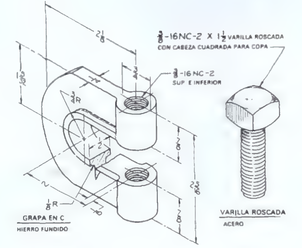



Fig. 18-241. Problema 78: Pliego tamaño B.

Fig. 18-243. Problema 81: Pliego tamaño B.





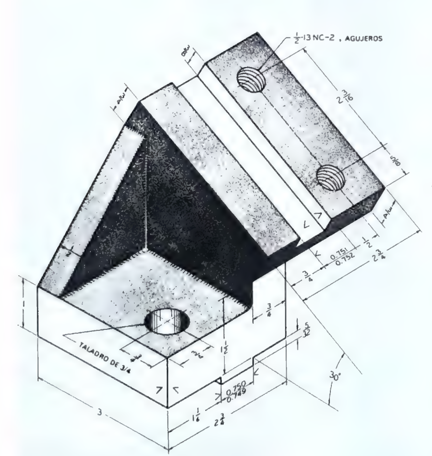


Fig. 18-242. Problema 80: Pliego tamaño B.

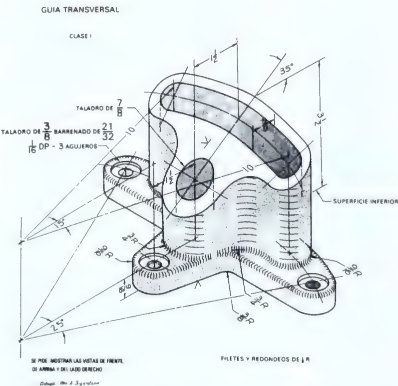


Fig. 18-244. Problema 83: Pliego tamaño B.

Fig. 18-245. Problema 84: Pliego tamaño B.

Fig. 18-246. Problema 85: Pliego tamaño B. (Cortesía, con la figura anterior, de Bendix Corporation.)

85. En la fig. 18-246 se da una vista parcialmente acotada de un brazo de torsión; también se muestra un conjunto en perspectiva de las partes. Empleando las cotas dadas y apreciando las restantes, prepare un plano de fabricación definitivo para el conjunto. Construya las vistas ortogonales adicionales que sean necesarias.

86. Prepare un plano de fabricación definitivo del conjunto mostrado en la fig. 18-247. El soporte del árbol es un semicírculo de 32 mm de diámetro y 75 mm de longitud. Estime el resto de las dimensiones. Indique las tolerancias necesarias y los tratamientos superficiales que se deben aplicar en este caso.

87. Prepare un dibujo de vistas ortogonales explotadas o una perspectiva explotada de las partes del espejo retrovisor lateral mostrado en la fig. 18-248. Prepare una lista de partes.

88. En la fig. 18-249 se muestra un plano acotado de un rectificador de silicón. Prepare

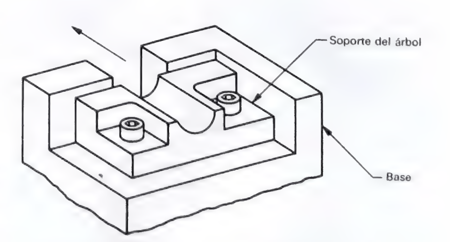


Fig. 18-247. Problema 86: Pliego tamaño B. (Cortesía de ANSI; Y14.5-1966.)

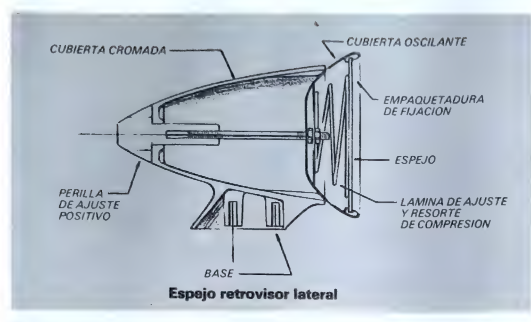




Fig. 18-248. Problema 87: Pliego tamaño B. (Cortesía de Borg-Warner Corporation.)

un conjunto explotado en perspectiva del rectificador y de las partes que lo componen. Incluya, además del conjunto, una lista de partes.

Problemas de diseño

Los siguientes problemas le exigen al lector desempeñar algo más de las funciones de un dibujante diseñador, al utilizar su buen juicio para averiguar la información que no se da. También se verá en la necesidad de hacer cambios en varios detalles de las partes si hay errores aparentes. Estos problemas tienen más de una respuesta, ya que deberá emplear su imaginación y criterio para resolverlos. Se necesita más análisis que en problemas anteriores.

89. En la fig. 18-250 se ilustra una bomba rotatoria con varios dibujos. Empleando las dimensiones generales dadas, haga un plano de fabricación completo de cada una de las partes, incluyendo la información necesaria para su construcción y montaje. Indique cotas, notas y tolerancias.

90. En la fig. 18-251 se muestra en vistas ortogonales el bosquejo de un brazo para soporte de tuberías. Este brazo, que se fija a las paredes para que soporte tuberías que conducen vapor, se ha rediseñado como se muestra en la fotografía, utilizando las mismas dimensiones generales. Elabore un plano de fabricación para el diseño modificado.

91. Elabore un plano de fabricación que detalle completamente las partes del picaporte de

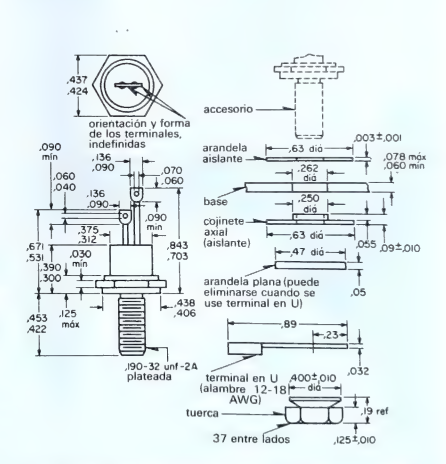


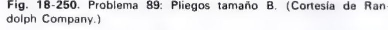
Fig. 18-249. Problema 88: Pliego tamaño A. (Cortesía de Westinghouse Corporation.)

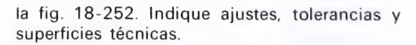
CONSTRUCCION DE LA BOMBA

PARTES COMPONENTES DEL MODELO 500 (SIMILARES A LAS DEL MODELO 600)

ANILLO RETENEDOR DE ACERO
RODAMIENTOS DE BOLAS SELLADOS
ESPARRAGO DE ACERO
ARBOLES DE ACERO C. R.
ESPACIADORES DE ACERO
BALINERA SELLADA
FUNDICION DE ALUMINIO CON RECUBRIMIENTO EPOXICO
TUERCA DE BRONCE MOLETEADA Y NIQUELADA
ESPARRAGOS DE ACERO
BALINERA SELLADA
FUNDICION DE ALUMINIO CON RECUBRIMIENTO EPOXICO
CHAVETA DE ACERO

6-5/8"
6"
3,375"
4-7/8"
RANDOLPH


Fig. 18-250. Problema 89: Pliegos tamaño B. (Cortesía de Randolph Company.)

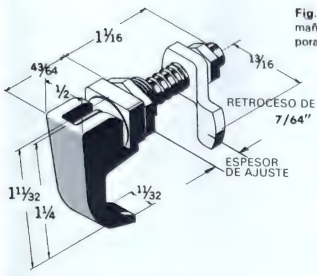

la fig. 18-252. Indique ajustes, tolerancias y superficies técnicas.

92. Elabore un conjunto ortogonal o explotado del picaporte (fig. 18-252), incluyendo una lista de partes.

93. Véase la fig. 18-253. Haga un plano en detalle de las partes que se le asignen. Dibuje cada parte en un pliego de tamaño A o B. Para especificar las partes, pueden ser necesarias vistas, cotas y notas adicionales.

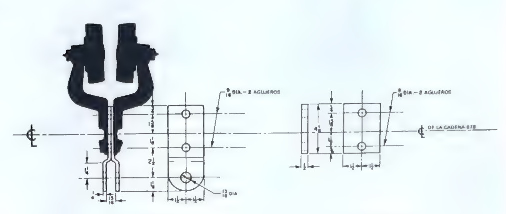
$2\frac{3}{16}$"
8"
$4\frac{7}{8}$ MIN.
$\frac{1}{2}$"
1"
6"
$3\frac{1}{4}$"

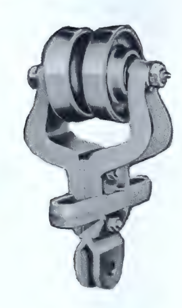

Fig. 18-251. Problema 90: Pliego tamaño A. (Cortesía de Grinnell Corporation.)

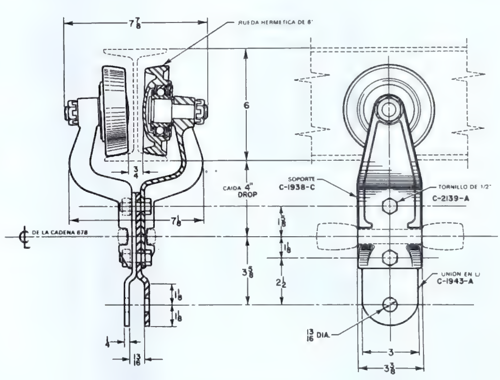


PARA ABRIR: Levante la manija; con esto, el picaporte retrocede 7/64 y libera la placa. Gire la manija 90° (en cualquier dirección).
PARA CERRAR: Gire 90° en dirección contraria a la de apertura y empuje la manija. La rotación accidental se impide mediante un reborde en la manija.

Fig. 18-252. Problema 89: Pliegos tamaño B. (Cortesía de Southco Corporation.)







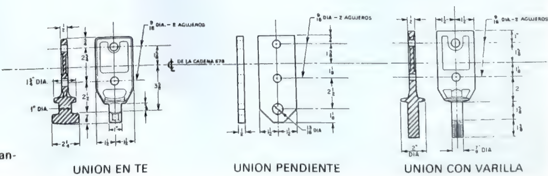


Fig. 18-253. Problema 93. (Cortesía de Mechanical Handling Systems, Incorporated.)

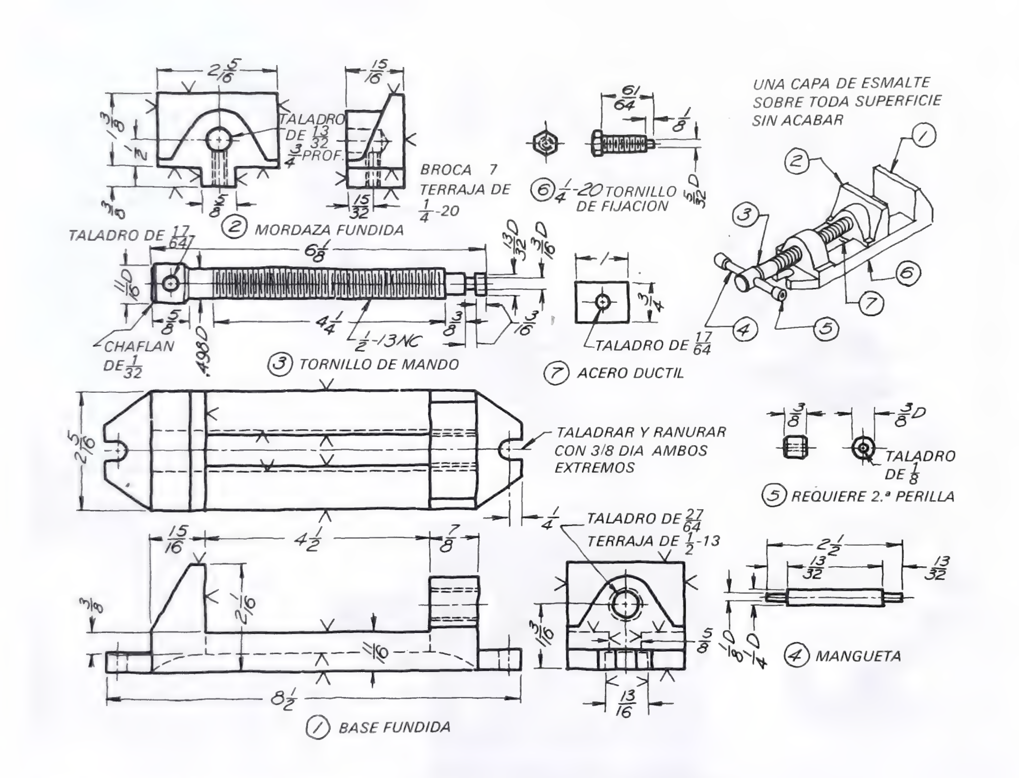


Fig. 18-254. Problemas 94, 95 y 96: Pliegos tamaño B. (Cortesía de C. F. Struck Corporation.)

94. Véase la fig. 18-254. Un diseñador ha hecho un bosquejo a mano alzada de las partes de una prensa de banco y ha dado las dimensiones principales de las mismas. Como dibujante diseñador, se le pide al lector que haga un plano completo en detalle de todas las partes, adjuntando las vistas y notas que puedan hacer más fácil la comprensión del dibujo. Elabore una lista de partes.

Operaciones de maquinado

Las siguientes operaciones de maquinado describen los pasos que se deben efectuar en para dar el acabado necesario a las partes fundidas de este conjunto.

BASE FUNDIDA (Núm. 1)

1. Pulir la parte inferior, los lados, la superficie de la contramordaza y la de deslizamiento.
2. Maquinar la parte inferior mediante torneado o cepillado.



Fig. 18-256. Problemas 98 y 99.



Fig. 18-225. Problema 97: Pliego tamaño B. (Cortesía de Omark Industries.)

3. Maquinar uno de los lados por el proceso de la operación 2.
4. Maquinar las superficies de la contramordaza y la de deslizamiento con fresadora, en el torno mediante un adaptador para fresado, o en limadora.
5. Maquinar la sección donde descansa la

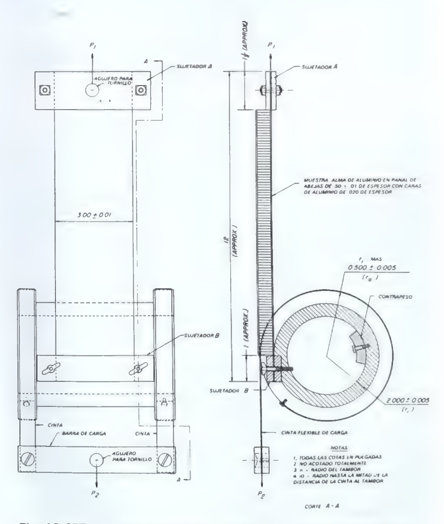


Fig. 18-257. Problemas 98 y 99. (Cortesía, con la figura anterior del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.)

parte núm. 7. Montar como para la operación 4.
6. Maquinar la ranura para la mordaza deslizante. Montar como para la operación 4.
7. Marcar, taladrar y completar las ranuras de los extremos.
8. Marcar y centropuntear el agujero para el tornillo de mando.
9. Taladrar y terrajar el agujero para el tornillo de mando.

MORDAZA FUNDIDA (Núm. 2)

1. Pulir las dos superficies, los lados y la parte inferior.
2. Maquinar las superficies mediante torneado o cepillado.
3. Maquinar la parte inferior para hacer el vano en la fundición. Montar como en la operación 4 de la base o limar a mano.
4. Marcar, centropuntear y taladrar según se indica en el plano el agujero para el tornillo de mando.
5. Marcar, centropuntear, taladrar y terrajar según se indica en el plano el agujero para el tornillo de fijación.

TORNILLO DE MANDO (Núm. 3)

1. Escoger y maquinar el vástago como preparación para el roscado.
2. Preparar el torno para roscar. Verificar la rosca del tornillo de mando con la terrajada en la base. Maquinar para obtener un ajuste de rosca perfecto.

MANGUETA (Núm. 4)

1. Escoger y maquinar el vástago como se indica en el plano.

PERILLAS (Núm. 5)

1. Escoger y maquinar las piezas como se indica en el plano.

INSTRUCCIONES PARA EL MONTAJE

1. Colocar una perilla sobre la mangueta y girarla. Colocar entre tres mordazas la cara del extremo, la superficie maquinada de la perilla y el chaflán.
2. Colocar en posición la mangueta en el tornillo de mando y luego la otra perilla en el otro extremo de la mangueta y rotarla. Repetir la operación 1.
3. Montar la mordaza a la base mediante las partes 3, 6, 7 y 8.
4. Mediante torneado, fresado o cepillado, efectuar el acabado definitivo de la mordaza y la contramordaza.

95. Véase la fig. 18-254. Elaborar un plano de conjunto en vistas ortogonales para la prensa de banco, en un pliego tamaño B. Adjuntar una lista de partes.

96. Véase la fig. 18-254. Hacer un plano de conjunto en perspectiva de la prensa de banco en un pliego tamaño B. Adjuntar una lista de partes.

97. Véase la fig. 18-255. En esta figura se muestran dos fotografías de una misma base de hierro fundido. La altura total de la parte es $7^3/_4''$ y se debe asegurar en su posición con cuatro tornillos de $^3/_{16}''$. Haga un plano en detalle de la base en un pliego tamaño B.

98. Véanse las figs. 18-256 y 18-257. Se muestra un aparato de pruebas que se diseñó para probar la calidad de las uniones en construcciones metal-metal. Este aparato aplica una acción de «pelado» para determinar la resistencia de las muestras de prueba. Elabore un plano en detalle para describir cada parte de este aparato, incluyendo los soportes en U superior e inferior que se muestran en la fotografía y las bases cilíndricas.

99. Véanse las figs. 18-256 y 18-257. Elabore un plano de conjunto, en vistas o en perspectiva, de las partes del aparato de pruebas.

100. Véanse las figs. 18-258 y 18-259. Un diseñador ha hecho un plano preliminar sobre papel cuadriculado como bosquejo de una prensa de banco para maquinistas. Este está hecho aproximadamente a escala, y cada cuadrado vale 5 mm. Se han acotado las dimensiones principales, pero muchas veces deberá suministrarlas el dibujante. Algunas de las partes

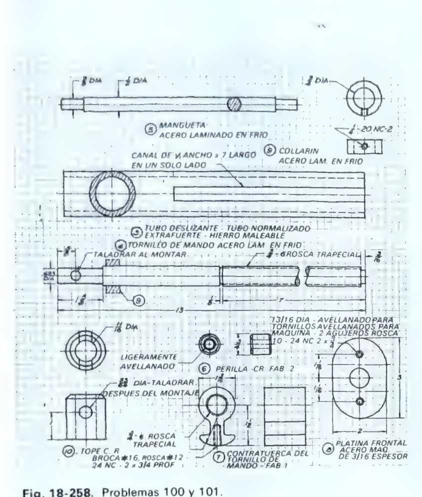


Fig. 18-258. Problemas 100 y 101.

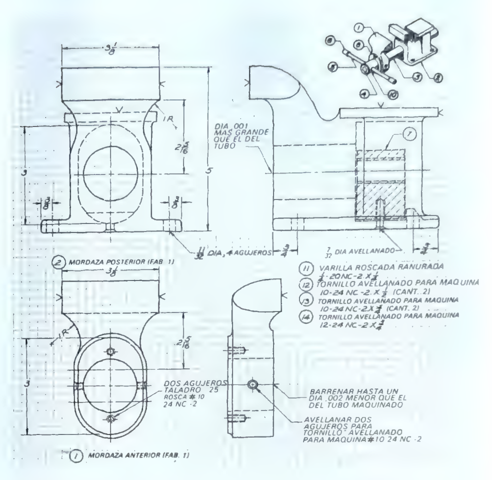


Fig. 18-259. Problemas 100 y 101. (Cortesía, con la figura anterior, de C. F. Struck Corporation.)

necesitan vistas adicionales o cortes para explicarlas más claramente al personal de planta.

Elabore un plano de fabricación completo para las partes de la prensa de banco en pliegos tamaño C. Dé todas las cotas y vistas necesarias para explicar el diseño. Dé una lista de partes. Estime las dimensiones no dadas. Estudie el montaje de las partes para asegurarse de que las que acoplan están correctamente acotadas respecto a sus ajustes.

101. Véanse las figs. 18-258 y 18-259. Elabore un plano de conjunto, en vistas o en perspectiva, de la prensa de banco. Adjunte una lista de partes.

102. Véanse las figs. 18-260 a 18-265. Un diseñador ha hecho un plano parcial en detalle a mano alzada de las partes de un torno para maderas. Cada cuadrado en los bosquejos representa 5 mm. Como Dibujante diseñador, se pide que el lector elabore un plano de fabricación completo de estas partes en pliegos tamaño C para someterlo a la aprobación de un ingeniero. Será necesario estudiar cada vista para decidir el número de vistas adicionales necesarias y los métodos de dibujo que harán más fácil la interpretación del plano definitivo. Bastantes dimensiones deberá determinarlas a su juicio y por el análisis de las partes y sus interrelaciones.

El plano de conjunto (fig. 18-265) le ayudará a entender cómo ajustan entre sí las partes. Elabore una lista de partes.

103. Véanse las figs. 18-260 a 18-265. Elabore planos de conjunto: (A) del cabezal fijo; (B) del cabezal móvil, y (C) del resto de la máquina, en pliegos tamaño C. Para cada conjunto elabore una lista de partes. Los planos de conjunto pueden ser en vistas o en perspectiva.

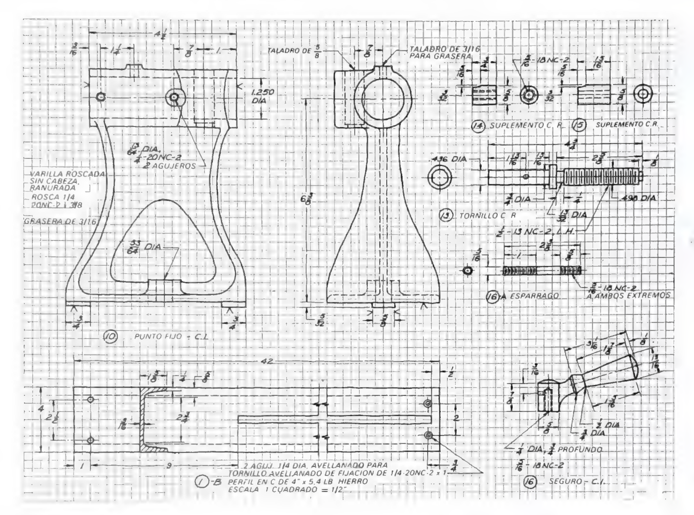


Fig. 18-260. Problemas 102 y 103.

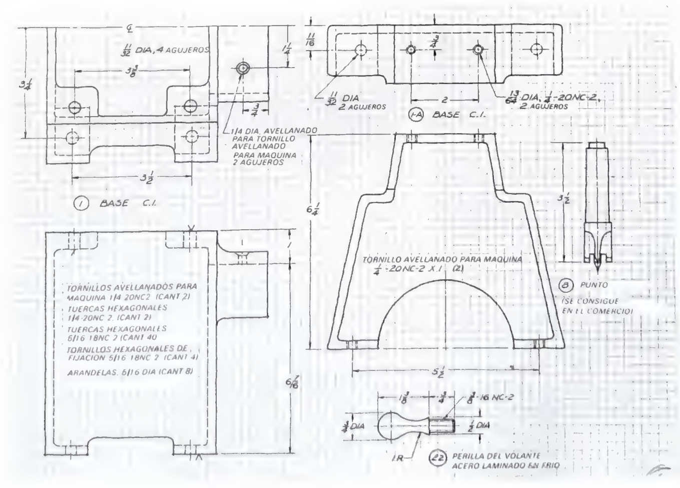


Fig. 18-261. Problemas 102 y 103. (Cortesía, con la figura anterior, de C. F. Struck Corporation.)

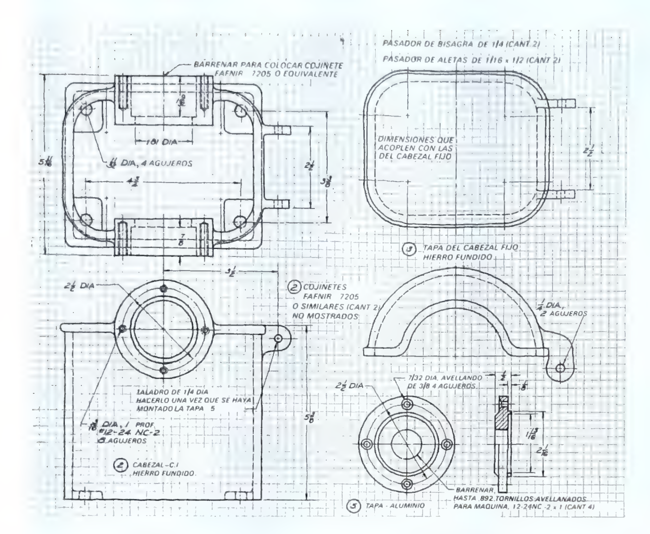


Fig. 18-262. Problemas 102 y 103

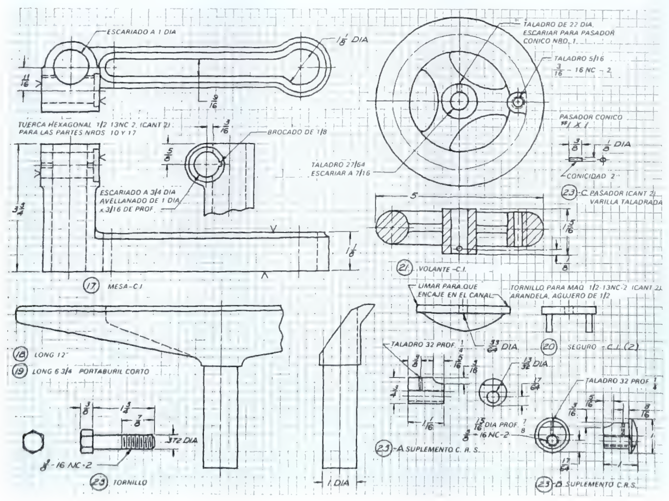


Fig. 18-263. Problemas 102 y 103. (Cortesía, con la figura anterior, de C. F. Struck Corporation.)

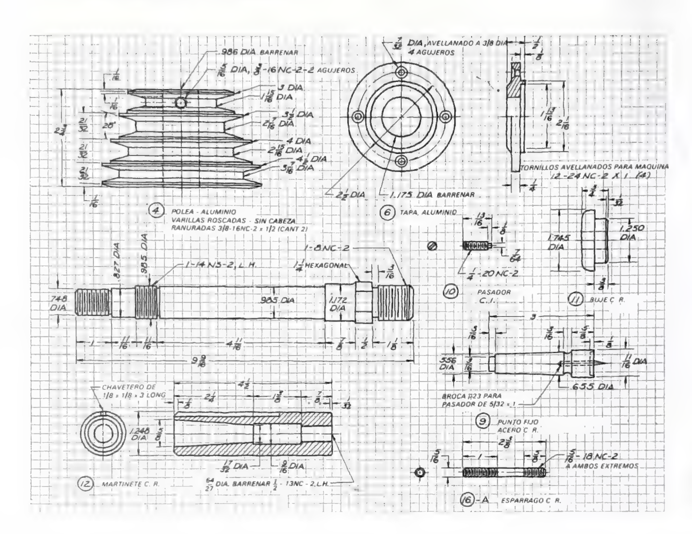


Fig. 18-264. Problemas 102 y 103. (Cortesía de C. F. Struck Corporation.)

19
REALIZACION



19-1 GENERALIDADES

Los capítulos precedentes establecieron las etapas del proceso de diseño y su aplicación a aquellos problemas de ingeniería con muchas soluciones posibles. Los gráficos de ingeniería y la geometría descriptiva son herramientas esenciales en todas las fases del proceso, desde la conceptualización inicial hasta la realización final de los planos de trabajo. En estos capítulos se presentaron problemas ilustrativos como ejemplos de la aplicación de los métodos gráficos. Se ha dado igual importancia tanto a la organización del proceso de diseño como a los principios gráficos empleados para lograr una solución. El ingeniero, diseñador o técnico debe desarrollar un método organizado para resolver problemas y diseñar.

La mayoría de los problemas de ingeniería son relativamente ambiguos y, por tanto, requieren gran cantidad de análisis para identificar las verdaderas necesidades y para determinar si existe el problema y si su solución vale la pena. La mayoría de los problemas académicos de ingeniería, sin embargo, son mucho más fáciles de entender, dado que comprenden menos variables y están definidos con mayor claridad. Esta simplificación es necesaria en la exposición de técnicas y principios fundamentales para resolver problemas. En la vida real, sin embargo, los problemas de ingeniería rara vez se presentan clasificados por materias y dentro de una estructura perfectamente definida que sugiera una solución única. El caso más común trata problemas que comprenden una mezcla de diversas áreas, que puede incluir desde factores sicológicos y sociales hasta campos específicos de la ingeniería. En consecuencia, el ingeniero debe trabajar como miembro de un equipo compuesto por especialistas en tantas áreas como interesan al problema. Cada uno debe realizar una labor significante para el logro de los resultados óptimos que satisfagan los criterios de diseño.

Este capítulo presentará una serie de problemas que pueden emplearse para asignaciones individuales, de equipo, o combinaciones de estos métodos, con el fin de proporcionar experiencia en la aplicación de todos los principios y técnicas estudiadas en este libro. Las especificaciones de estos problemas también tienen por objeto sugerir el tipo de problemas que se pueden utilizar cuando se trate de proyectos cortos, un período de clase, o de proyectos extensivos para desarrollar en un semestre. Se debe hacer referencia a los capítulos anteriores para repasar los fundamentos gráficos y las etapas del proceso de diseño, con el fin de aprovechar eficientemente los esfuerzos de diseño. Las especificaciones comprenden los tratamientos de diseño individuales y por equipo y la selección, proposición y especificación de problemas.

19-2 TRATAMIENTO INDIVIDUAL

Este tipo de tratamiento es conveniente para la solución de problemas cortos (una o dos horas) asignados a cada estudiante, el cual será el responsable de cada paso del proceso y del resultado final del problema. El proceso de diseño está fundamentado en una serie de problemas cortos que ayudan al estudiante a familiarizarse con un método organizado de aproximación a un problema característico de diseño. El tratamiento individual se presenta en la sección 4-2. La organización y programación del esfuerzo de diseño es tan importante para quien trabaja independientemente como para un equipo en diseño. Por tanto, él debe programar sus actividades y ceñirse a un plan general, de tal manera que su carga de trabajo esté uniformemente distribuída durante todo el desarrollo del proyecto.

Una ventaja de tratamiento individual consiste en la concentración del control y de la autoridad para tomar decisiones sin consultar asociados. No se necesita gastar tiempo o esfuerzo en la administración o coordinación del trabajo de distintos individuos, como en un equipo. Esta ventaja es más evidente cuando se trata de un problema de diseño de tema limitado y del completo dominio de un solo diseñador. Los problemas de mayor complejidad, cuyo tema vaya más allá de la competencia del diseñador individual, requieren la asistencia de especialistas en aquellas áreas desconocidas para él. El diseñador que trabaja independientemente, bien sea en un proyecto de clase o en un proyecto profesional, fácilmente puede pasar por alto consideraciones importantes para la solución cuando no ha discutido sus ideas con sus asociados. Tal deficiencia puede ocurrir no por incapacidad, sino por aquella tendencia humana a comprometerse tanto en el problema que se olvida reconocer todos sus aspectos.

El procedimiento de solución es el mismo para todo tipo de problemas de diseño. Un problema sencillo puede comprender menos detalles y profundidad en cada paso, pero se le aplican todos los pasos del diseño, tal como en el caso de problemas sofisticados y complejos. El método de hojas de trabajo empleado para registrar las diferentes etapas de diseño, puede ser más crucial para el individuo que para un equipo, ya que aquél depende únicamente de su propia memoria. La elaboración de hojas de trabajo también constituye un método excelente para garantizar que todos los pasos del proceso de diseño se hayan aplicado en la secuencia apropiada. El diseñador independiente que no dispone de asociados a quienes comunicar su solución debe comunicarse consigo mismo para evaluar su labor.

19-3 TRATAMIENTO DE EQUIPO

La complejidad de la tecnología moderna requiere el tratamiento de equipo para la mayoría de los problemas de alguna importancia, ya que éstos son demasiado extensivos para las capacidades de un solo diseñador. Por tanto, el tratamiento de equipo iniciará al estudiante en los aspectos interdependientes de la dinámica de equipo, la cual será una parte integral de su práctica profesional. Allí se encontrará con especialistas de una amplia gama de conocimientos que trabajan conjuntamente para lograr objetivos comunes. La competencia de estos individuos puede estar dedicada a las diversas especialidades de la ingeniería o aun a otras profesiones.

El tratamiento de equipo exige más dedicación a los aspectos de organización y coordinación del grupo. Un equipo eficientemente organizado tiene acceso a más talento que un individuo promedio, aunque dedique el mismo número de horas-hombre al proyecto. La aplicación de este talento puede ser un problema si el equipo no está convenientemente organizado hacia un fin unificado. El estudiante debe desarrollar sus habilidades en coordinación de equipos y trabajo compartido, dado que éstos son elementos indispensables en la práctica profesional.

Tamaño de equipo. El equipo de diseño puede ser demasiado numeroso para permitir la utilización eficiente de los diversos talentos de los miembros. Un equipo demasiado grande puede acarrear una distribución desproporcio-

nada del trabajo asignado; algunos miembros pueden resultar recargados y otros empleados de forma inconveniente. Es obvio que mientras más numeroso sea el equipo, su administración será más difícil. Existen multitud de ejemplos de deficiencias en organización y comunicación en grandes corporaciones, principalmente ocasionadas por las dificultades que implica el manejo de miles de personas.

El número de estudiantes en un equipo de diseño debe ser de entre tres y seis. Tres es considerado como el mínimo válido para una experiencia de equipo en la solución conjunta de problemas. El número óptimo, cuatro, reduce la posibilidad de dominio por parte de uno o más miembros. Los equipos de más de cinco miembros tienden a estar del lado de los grupos difíciles de administrar, dado que la posibilidad de desacuerdo puede incrementarse, debido a deficiente organización y grandes diferencias de opinión. Tales divergencias son más factibles en situaciones académicas que en la práctica profesional, en donde fácilmente se aplican autoridad y supervisión para dirigir la actividad.

Composición del equipo. No es necesario que los equipos estén compuestos por amigos íntimos o personas relacionadas por alguna característica especial. En la práctica, el equipo de ingeniería puede estar conformado por profesionales de diferentes compañías, completamente extraños entre sí. Esta disposición puede resultar ventajosa en cuanto reduce el choque de personalidades y hábitos individuales, lo cual podría afectar a un equipo formado a base de amistad. Los miembros de un equipo de extraños tienden a interesarse más por el proyecto y los méritos de cada idea que por la persona que los presenta. La solución de un proyecto característico de ingeniería por un grupo de individuos escogidos al azar produce en ellos experiencia en la dinámica de grupo.

19-4 SELECCION DE PROBLEMAS

Una vez conformado el equipo por el profesor, trabajará en un problema escogido de alguna de las fuentes disponibles y lo resolverá dentro del tiempo disponible. El equipo puede elegir un problema de sistemas o productos según su interés, o el profesor puede asignarle un problema específico. Esta asignación de parte del instructor evidentemente simula la situación industrial, en donde al equipo de ingeniería se le da un problema para que lo resuelva, sin que éste tenga nada que ver con su elección. Como tercera fuente, el equipo puede tomar como proyecto un problema o una modificación de los que se presentan en este capítulo.

Cuando el equipo deba seleccionar su proyecto y presentarlo como propuesta, debe tener en cuenta los requisitos estipulados por el profesor; es decir, tiempo disponible y habilidades del equipo. Más tarde en este capítulo se presentarán algunas recomendaciones para la asignación de problemas. Un equipo puede obtener una lista de posibles problemas mediante una «sesión de intercambio de ideas» (sección 4-6). En cuanto sea posible, los problemas deben referirse a situaciones reales y de índole local, en las cuales el equipo pueda observar directamente las necesidades y condiciones. El problema escogido debe constituir un desafío científico o tecnológico, sin llegar a ser tan complejo que ocasione frustración o requiera más tiempo del previsto. Por tanto, cada uno de los problemas posibles debe ser investigado y discutido por los miembros del equipo, con el fin de evaluar su conveniencia e interés para el grupo.

Desde la iniciación del proyecto se debe señalar el tiempo disponible y, más aún, el problema se debe escoger con este factor en mente. Algunas de las clases formales se pueden omitir regularmente para dedicar ese tiempo a trabajo sobre el terreno e investigación concerniente a la solución del problema de diseño.

El mejor tipo de problemas para proyectos de clase es aquél que comprende áreas conocidas y, en lo posible, asequibles. Este requisito es especialmente importante para problemas de sistemas, en los cuales el estudiante debe recolectar datos sobre el terreno. Siempre se prefiere la evaluación de situaciones mediante observaciones directas. El diseño del estacio-

namiento, presentado en el capítulo 2, es un problema real y específico al cual se puede referir el estudiante. Estos problemas son evidentemente más efectivos que un problema hipotético, sobre el cual no se dispone de criterios de diseño. El diseño de un producto que satisface una necesidad conocida por el estudiante requiere menos tiempo que una investigación acerca de una situación desconocida. El diseño de un soporte para esquís acuáticos para un automóvil es más factible que el de una estructura de soporte para un avión, dado que un estudiante corriente sabe cómo son los esquís y tiene acceso a un automóvil para establecer los criterios de diseño, mientras que aun la avioneta más sencilla es prácticamente inasequible y convierte el problema en algo hipótetico, aunque no sea artificial.

19-5 PROPOSICION DE PROBLEMAS

El mejor problema de diseño es aquél que ha sido reconocido y propuesto por el estudiante que trabajará en su solución. La simple habilidad de reconocer la necesidad de un nuevo diseño o de la modificación de uno existente constituye el primer paso hacia el desarrollo de una actitud creadora. La disposición consciente hacia el ambiente, alrededores y demás factores que determinan las actividades cotidianas puede proporcionar numerosos problemas que exigen una solución. Es común que, después del primer uso de un producto recientemente adquirido, aparezcan varias sugerencias para su perfeccionamiento. Además, un gran número de productos nuevos, relativamente sencillos, obtienen aceptación general porque satisfacen necesidades plenamente definidas. Una persona corriente puede desarrollar conciencia de ideas patentables y, con una actitud positiva, proponer soluciones que, en efecto, puedan patentarse.

Cuando los miembros de un equipo de diseño deciden acerca de un proyecto que desean llevar a cabo, deben preparar una propuesta que identifique el problema y defina sus límites. La forma normal de una propuesta y la descripción de su contenido se dan en la sección 15-5. No es necesario que la proposición sea voluminosa, pero deben entreverse suficientes razonamientos y planeación que indiquen un dominio apropiado del problema. Un breve programa calendario, con la secuencia de actividades que se van a seguir durante el proyecto, puede contribuir a la descripción del método de aproximación. En la sección 3-7 se sugieren las formas de programación que se incluyen en una propuesta.

La propuesta debe someterse al profesor escrita a máquina, si es posible, o caligrafiada técnicamente. Debe ir empastada y con hojas de título, según se indica en el capítulo 3. El profesor revisará la propuesta para determinar su conveniencia como proyecto, teniendo en cuenta la capacidad del estudiante, el tiempo disponible y los méritos del problema. La comunicación de ideas en forma escrita es muy importante en esta etapa del proyecto ya que su aceptación depende de la propuesta.

En una clase subdividida en equipos o de trabajo individual, se pueden producir tantos problemas como propuestas, incrementando de esta manera el conocimiento de una amplia gama de posibles problemas. Es posible permitir la inclusión tanto de problemas de sistemas como de productos, o restringir el trabajo de la clase a un tipo específico de propuestas.

Problemas asignados por el profesor. El instructor puede asignar tres o cuatro problemas a grupos de igual número de miembros. La asignación de problemas favorece la competencia entre varios equipos, de los cuales se eligirá la solución óptima. La competencia, aparte de servir de estímulo, demuestra la gran variedad de soluciones posibles para el mismo problema. Los problemas asignados tienden a ser más definidos que los propuestos por los estudiantes que, por lo general, tratan de ser demasiado ambiciosos.

Las sesiones de intercambio de ideas son procedimientos excelentes para obtener ideas preliminares de las cuales se pueden asignar problemas. Los equipos de diseño o la clase entera pueden elegir ciertas áreas generales de proposición de ideas (sesión de innovación) con el fin de acumular una lista numerosa

de problemas que requieran solución; las ideas en esta lista pueden ser luego revisadas y perfeccionadas.

19-6 ORGANIZACION DEL EQUIPO

Durante la etapa de selección y proposición del proyecto, el equipo puede trabajar con muy poca organización, pero, una vez aprobado el problema, una buena organización resulta bastante ventajosa. Un método de organización generalmente aceptado consiste en elegir un diseñador jefe o director de proyecto que estará a cargo de las asignaciones y su realización. Su función no es la de dictador, sino la de conciliador de las opiniones y divergencias que puedan surgir durante el proyecto. Además de coordinar el esfuerzo conjunto y reconocer correcciones necesarias, se espera que el director del proyecto realice una carga de trabajo igual a la de cada uno de los restantes miembros del equipo.

El primer objetivo en la organización de un equipo consiste en elaborar una lista de labores que deban completarse para obtener la solución final. Este trabajo debe afrontarlo el equipo en conjunto para evitar la omisión de alguna actividad específica. Una vez identificadas las diferentes tareas, se deben listar en un Programa de Diseño y Registro de Progreso (sección 3-8). La preparación de diagramas de actividades facilita la programación de las tareas en la secuencia apropiada. Algunas de estas actividades pueden ser difíciles de programar hasta tanto no se identifique completamente el problema, según se analizó en el capítulo 3. Por tanto, un programa de actividades efectivo no debe ser rígido, sino que debe permitir revisiones cuando sea necesario. Cada uno de los miembros del equipo debe tener la lista de asignaciones de los demás, para no perder de vista el esfuerzo de conjunto ni las actividades del grupo. De esta manera, si él logra información necesaria para alguien en el equipo, puede reducir la duplicación de esfuerzos, siendo consciente del método global de aproximación al proyecto.

Muchos problemas se pueden resolver con mayor eficiencia cuando se busca la asistencia de fabricantes o representantes especializados en productos afines al problema (capítulo 4). Los folletos publicitarios, los catálogos y las especificaciones que describen sus productos pueden facilitar bastante la solución del problema, puesto que las partes y materiales normalizados se deben emplear en cuanto sea posible, para reducir costos. Las revistas técnicas suministran los nombres de los fabricantes y distribuidores a quienes se puede solicitar por correo y sin costo alguno la información pertinente. El envío de estas solicitudes debe ser una de las primeras labores del equipo, para disponer de suficiente tiempo para recibir respuestas. La sección 4-4 explica otras fuentes de información que pueden facilitar la identificación y la solución preliminar del problema.

El equipo debe acordar un calendario de reuniones, discusiones, terminación de asignaciones, consolidación de materiales, elaboración del informe final y conclusión del proyecto. Este calendario debe seguirse puntualmente, a menos que el equipo juzgue conveniente su modificación por razones específicas. El diseñador jefe estará encargado de recordar a los demás miembros sus responsabilidades, en cuanto a reuniones, asignaciones y demás actividades. Cada uno de los miembros del equipo debe, en cada reunión, presentar un informe acerca de sus progresos, problemas y actividades correspondientes a su asignación particular. Las discusiones conjuntas permiten al equipo compartir descubrimientos y emplear experiencias comunes para resolver problemas individuales. El diseñador jefe está encargado de dirigir las discusiones del grupo para evitar que éstas se conviertan en conversaciones sociales desligadas del proyecto. Las asignaciones del equipo se pueden modificar para equilibrar cargas que resulten desproporcionadas.

El resto de las actividades del equipo corresponderán a los procedimientos reseñados en los capítulos anteriores. Durante el transcurso del proyecto se debe hacer referencia a estos capítulos para garantizar el cubrimiento de todos los pasos del proceso de diseño. La propuesta aprobada debe emplearse como guía de actividades durante todo el proyecto, puesto que los objetivos finales del mismo deben

corresponder a los de la proposición. El proyecto se evaluará con base en el contrato acordado por el profesor y el equipo.

19-7 ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA DE DISEÑO

Las siguientes especificaciones son aquellas que un individuo o equipo de diseño debe tener en cuenta durante la preparación de una propuesta o durante la reseña de sus asignaciones. Las especificaciones (o parte de ellas) pueden ser requisitos mínimos, bien sea asignados por el profesor o acordados por el equipo. Se deben seguir los pasos usuales del proceso de diseño; a saber: identificación, ideas preliminares, perfeccionamiento, análisis, decisión y realización. Este proceso se aplica lo mismo a un problema corto (una o cuatro horas-hombre) que a uno extenso y complejo.

Problemas cortos. Los problemas de este tipo pueden resolverse individualmente en un período de clase o como tarea fuera de clase. Estos problemas han de resolverse de la manera indicada en la sección 2-13. El problema corto, generalmente sencillo, requiere la aplicación de todos los pasos del proceso, pero en un tiempo mucho más corto que un problema extenso. Las especificaciones de un problema corto pueden incluir todos o algunos de los siguientes aspectos:

1. Hojas de trabajo completas que ilustren el desarrollo del proceso de diseño (capítulo 2).
2. Bosquejo (a mano alzada) para la realización del diseño (capítulos 4 y 18).
3. Dibujo formal (con instrumentos) del diseño propuesto (capítulo 18).
4. Dibujo formal acotado del diseño propuesto (capítulo 19).
5. Bosquejo (o dibujo formal) tridimensional que ilustre el diseño (capítulos 4 y 16)
6. Ayudas visuales (carteles u otras) que sirvan para presentar el diseño a un grupo (capítulo 17).

Los problemas cortos se pueden presentar totalmente a base de bosquejos; esto economiza tiempo, pero exige un mayor grado de imaginación y creatividad por parte del diseñador. Cuando el tiempo lo permita, se puede exigir el trabajo de dibujo con instrumentos o se puede dejar a juicio del estudiante. La resolución de cierto número de problemas cortos fomenta en el estudiante el dominio de un procedimiento ordenado de atacar problemas, lo cual constituye el fundamento del esfuerzo de diseño. En todos los casos se debe utilizar el método de hojas de trabajo, para registrar el proceso de raciocinio y para indicar la aplicación de un método sistemático.

Problemas complejos. Un problema comprensivo característico puede tomar unas 20 horas-hombre. Los problemas más complejos pueden llegar a las 40 horas-hombre, lo cual significa 8 horas de trabajo por cada miembro de un equipo de cinco. Aunque un solo individuo puede resolver este tipo de problemas, el tratamiento de equipo somete al estudiante a las ventajas y dificultades de la dinámica de grupo. Este es un buen ejercicio, ya que en la práctica el ingeniero tiene que trabajar como miembro de un equipo, debido a la complejidad de la ingeniería.

Las siguientes especificaciones se aplicarán en todo o en parte a los problemas complejos de sistemas o de productos; en cada caso será evidente cuáles se aplican y cuáles no. Por ejemplo, no es apropiado conducir una encuesta de mercado para el problema de sistemas que implica el diseño de un estacionamiento. En este caso, lo mismo que en el de problemas cortos, se deben aplicar todos los pasos del proceso de diseño, aunque con más formalidad y detalle. Se recomienda repasar las etapas reseñadas en los capítulos anteriores.

1. Una propuesta que defina el problema, el método de tratamiento y las especificaciones empleadas en su solución (capítulo 15).
2. Trabajo completo en hojas de trabajo que ilustren el desarrollo del proceso de diseño (capítulo 2).
3. Esquemas, diagramas de flujo y demás métodos simbólicos que ilustren el diseño y su funcionamiento (capítulo 14).

4. Una encuesta de opinión que determine el interés hacia el diseño propuesto (capítulo 4).
5. Una investigación de mercados que evalúe la posible acogida del producto y su utilidad estimada (capítulo 13).
6. Un modelo o prototipo para análisis o presentación (capítulo 13).
7. Dibujos tridimensionales que expliquen características de la solución definitiva que no puedan observarse claramente en otro dibujos (capítulo 16).
8. Planos de trabajo acotados que presenten todos los detalles y especificaciones del diseño (capítulo 18).
9. Un informe técnico, convenientemente ilustrada con esquemas y diagramas, que explique todas las consideraciones conducentes a la solución, con las debidas conclusiones y recomendaciones finales (capítulo 15).
10. Una presentación oral de la solución del problema (capítulo 17).

Las enumeraciones anteriores (para problemas cortos y comprensivos) deben revisarse al tiempo de elaborar la propuesta, ya que es indispensable determinar las especificaciones más importantes con respecto al tiempo disponible. Cuando el tiempo es limitado, será necesario sopesar la minuciosidad de cada uno de los requerimientos; es posible que algunos tengan que ser omitidos. Las modificaciones importantes a las especificaciones deberán explicarse abiertamente en la propuesta, para aclarar los objetivos del trabajo de diseño.

19-8 INTRODUCCION A PROBLEMAS DE SISTEMAS

Los problemas que se presentan en este capítulo están divididos en categorías, según el tipo de problemas y los requerimientos de su solución. Estas categorías son: problemas cortos, problemas de sistemas y problemas de desarrollo de productos. El tiempo destinado a estos problemas puede extenderse según lo juzgue conveniente el instructor o el estudiante, pero la mayoría de ellos puede resolverse en poco tiempo si esto es necesario. Los problemas de tipo corto o de desarrollo de productos son, generalmente, de índole general, mientras que los de sistemas pueden ser de varias clases. Entre éstos los más comunes son los estudios de factibilidad, sistemas experimentales, planeación para el futuro y modificaciones de sistemas existentes.

Estudios de factibilidad. Una gran parte del trabajo de ingeniería se dedica al estudio de un problema específico, con miras a determinar la factibilidad de la solución o la existencia misma del problema. Un ejemplo es el problema combinado de ingeniería y administración comprendido en la localización de una planta industrial en cierta área. El ingeniero tiene que analizar los requirimientos, tanto de la compañía como los de la comunidad, y los beneficios obtenidos por ambas. Los problemas de ingeniería se estudian concurrentemente con las necesidades administrativas. Las proyecciones se basan en información disponible de situaciones análogas previamente estudiadas o en criterios no probados. Un estudio de factibilidad que produzca una recomendación negativa puede ser tan valioso para la empresa como una afirmativa conducida en otra parte. Un informe negativo puede economizarle a la corporación grandes cantidades de dinero que, de otra manera, serían pérdidas si fueran invertidas imprudentemente. Un estudio de factibilidad quiere decir exactamente lo que su nombre implica: es decir, un estudio de una situación dada dirigido a determinar la practicabilidad de una solución particular.

Algunos problemas de este capítulo tratan de simular estudios de factibilidad aplicados a un sistema. Aun cuando los estudios de factibilidad se pueden aplicar a problemas de desarrollo de productos, más comúnmente se asocian con problemas de sistemas de determinadas características.

Sistemas experimentales. El sistema experimental, un diseño de un área desconocida, puede considerarse radical, ya que se trata de algo no probado antes. Generalmente, el sistema experimental compete a las fronteras de la ingeniería y se trata de desarrollar nuevos princi-

pios a base de experimentación. Todo el programa espacial es el resultado del sistema experimental diseñado para funcionar en una atmósfera de características desconocidas. Los fabricantes de aviones y automóviles mantienen equipos de ingenieros encargados de desarrollar modelos futuristas guiados y propulsados por sistemas revolucionarios. La exploración submarina es otro campo de la ingeniería tratado mediante sistemas y técnicas experimentales. Hasta cierto punto, todo producto nuevo es experimental, dada su condición de nuevo y no probado antes. En consecuencia, el diseño de productos tiende a evolucionar o cambiar con la experiencia y los datos obtenidos mediante su uso y aplicación.

Planeación para el futuro. Esencialmente, todos los problemas de sistemas de ingeniería se diseñan para satisfacer necesidades presentes y futuras; sería demasiado caro diseñar un sistema de autopistas para las densidades de tránsito presentes sin tener en cuenta las necesidades futuras. La supervivencia económica de comunidades y ciudades enteras dependerá en gran parte de los diseños de ahora. La falta de previsión puede producir servicios y sistemas inadecuados para modificaciones, expansión y desarrollo normales. El diseñador tiene que utilizar antecedentes como base de extrapolación para necesidades futuras antes de emplear los conocimientos tradicionales de la ingeniería.

Modificaciones de sistemas existentes. Un sistema existente puede resultar inadecuado por la aparición de avances tecnológicos imprevistos y factores adicionales a una situación dada. La necesidad de expansión de una universidad puede afectar el sistema de tránsito, la asignación de clases, el tipo de servicios necesarios y otros aspectos. Los bancos han tenido que modificar sus sistemas operacional y físico para atender a los clientes motorizados. Las leyes se modifican para permitir que la comunidad se adhiera a los cambios que la afectan. El diseñador tiene la responsabilidad de presentar innovaciones dentro de las posibilidades de los sistemas existentes, utilizando al mismo tiempo sus ventajas, con miras a obtener el resultado más productivo.

19-9 PROBLEMAS DE DISEÑO

Problemas cortos

1. Soporte portalámpara. Diseñe un soporte sencillo que sirva para fijar una lámpara de escritorio a una pared (para leer en la cama, por ejemplo). La lámpara debe ser removible, de tal manera que se pueda usar tanto en el escritorio como en la pared. El soporte puede dejarse en la pared como aplique permanente.

2. Toallero. Diseñe un toallero para la cocina o el baño. Determine el tamaño óptimo y tenga en cuenta su estilo, facilidad de uso y métodos de sujeción. Este diseño debe ser una modificación de los productos disponibles en el mercado.

3. Equipaje sobre ruedas. Un agente viajero tiene que cargar con equipaje distancias considerables en terminales y otros sitios. Diseñe un sistema de ruedas que forme parte integral de una maleta de viaje y reduzca el esfuerzo necesario para transportarla. El producto final debe permitirle al viajero halar, empujar o guiar su equipaje de algún modo. Además, debe ser barato, duradero, silencioso y liviano.

4. Alineador para soldar tubería. Para diversos propósitos de ingeniería se acostumbra soldar secciones de tubería. El problema inicial de una soldadura a tope es el de alinear las dos secciones en la posición deseada. Diseñe un artefacto que permita alinear los tubos en el lugar de trabajo. Se desea que el accesorio sea manual para facilitar su operación y acomodación. El aparato se va a utilizar para soldar tubería de 2'' a 4'' de diámetro.

5. Doblador de tubería conductora. La tubería conductora (tubería de acero empleada para conducir cables eléctricos) presenta problemas de doblamiento, especialmente por contracción de la sección, lo cual hace difícil la inserción de los conductores eléctricos. Para evitar esto, el doblamiento debe hacerse en forma gradual. Diseñe un aparato que sirva para doblar tubo

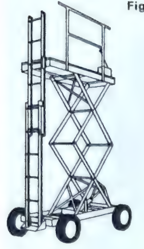
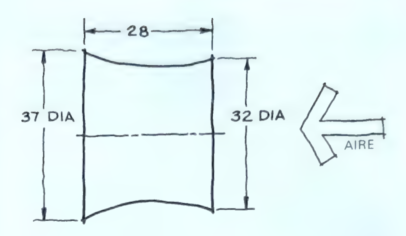


Fig. 19-1. Elevador de carga.



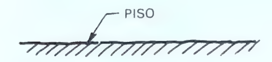


Fig. 19-2. Ventilador industrial.

conductor de 1' de diámetro sobre una curva de $6^1/_2$'' de radio interior. Esta herramienta debe ser lo suficientemente compacta para su uso directo en el lugar de trabajo.

6. *Estabilizador para un andamio plegable.* Estos andamios se emplean para elevar cargas y proporcionar una plataforma de trabajo para reparaciones a cierta altura, como se ilustra en la fig. 19-1. Dado que la máxima altura a la cual se pueden extender algunos de estos modelos es del orden de 15'-6'', diseñe un accesorio o sistema que garantice la estabilidad de la plataforma y evite que se ladee o se vuelque. El estabilizador debe ser fácilmente instalable y ajustable y debe proveer la estabilidad necesaria para la situación extrema esperada.

7. *Estructura de soporte para un ventilador.* Diseñe una base para el ventilador que aparece en la fig. 19-2. El ventilador se utilizará para refrescar el ambiente en una planta o taller. El soporte debe ser portátil, de tal manera que el ventilador se pueda desplazar a sitios diferentes. Tenga en cuenta también la posibilidad de diseñar un sistema de ajuste angular tal que el ventilador pueda apuntar en varias direcciones. Su diseño debe ser liviano y económico.

8. *Soporte para los rodillos de un sistema transportador de banda.* Un sistema para conducir materiales livianos es el transportador de banda, el cual emplea una banda de caucho reforzado de, aproximadamente, 20'' de ancho que se mueve sobre rodillos colocados a espacios regulares. El sistema de rodillos consta de tres cilindros en la posición indicada en la fig. 19-3. Empleando estas especificaciones, diseñe la estructura de soporte de los

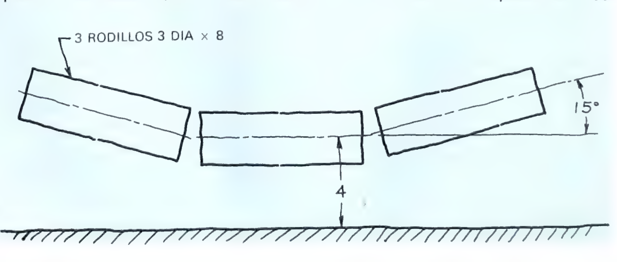


Fig. 19-3. Juego de rodillos de soporte para una banda transportadora

rodillos. Se recomienda una estructura compacta.

9. Carrete para película. Los carretes utilizados en proyectores de cine generalmente son difíciles de embobinar, debido al limitado espacio de trabajo. La fig. 19-4 muestra un carrete convencional de 12" de diámetro. Modifique el diseño de este tipo de carrete de tal manera que se disponga de mayor espacio para embobinado. Su diseño debe ser atractivo, ya que se trata de un producto de consumo y debe competir con otros diseños.

10. Soporte para un motor. De acuerdo con las normas actuales, la maquinaria antigua era demasiado pesada y desbalanceada. Se ha logrado una gran economía reduciendo el material y la mano de obra utilizados en la producción de piezas, a pesar de que se conserva la misma estabilidad, operación y resistencia. Empleando el sentido común y el análisis, rediseñe el soporte de la fig. 19-5 de tal manera que resulte más liviano y fácil de fabricar.

11. Espejo retrovisor. En la mayoría de los automóviles, estos espejos están localizados lateralmente para no obstruir la visibilidad de la carretera. Analice los requisitos que debe cumplir un espejo de este tipo y su localización óptima en un automóvil corriente. Diseñe un espejo que represente un avance respecto a los que conoce. Desarrolle el diseño de tal manera que permita ajuste direccional del espejo. Tenga en cuenta los factores aerodinámicos y climatéricos que afecten al diseño.

12. Soporte de barandilla. Se desea fijar una barandilla metálica ornamental a un piso de madera por medio de postes tubulares de sección cuadrada (1" de lado). Diseñe el accesorio de fijación del poste al piso. La fig. 19-6 muestra una sección característica y los requerimientos del problema.

Se necesita también una herramienta que sirva para ensamblar el poste de soporte en cada extremo de la barandilla. Diseñe un elemento que asegure la perpendicularidad de los dos miembros, teniendo en cuenta que

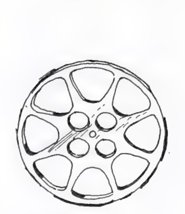


Fig. 19-4. Carrete para película cinematográfica.

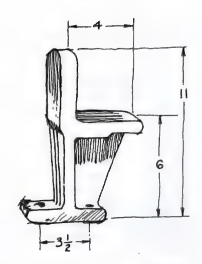


Fig. 19-5. Soporte de fijación para un motor.

éstos se van a sujetar por medio de dos tornillos.

13. Herramienta de plomería. En todos los hogares se presentan problemas de plomería ocasionados por el atascamiento de un sifón. Diseñe un artefacto doméstico que sirva para desatascar sifones. El aparato puede ser eléctrico, hidráulico o manual; tenga en cuenta los diversos principios que se pueden aplicar a la solución de este tipo de problemas. Cualquier herramienta que evite llamar al plomero se justifica y se paga de por sí en corto tiempo, siempre y cuando el diseño no sea muy complejo.

14. Cierre automático para puertas. Las portezuelas de la mayoría de los muebles caseros

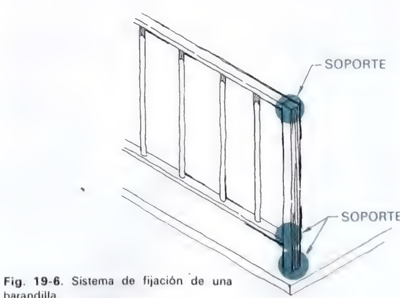


Fig. 19-6. Sistema de fijación de una barandilla.

no cierran automáticamente; esto produce un peligro y una apariencia indeseable. Diseñe un mecanismo que cierre una puerta dejada parcialmente abierta. Sería recomendable que el mecanismo se pudiera desconectar a voluntad. El aparato debe ser simple y económico para asegurar su aceptación; mientras menos número de partes tenga, mejor.

15. Accesorios para un taladro eléctrico. Estos taladros generalmente traen varios accesorios que incrementan su versatilidad; por ejemplo, lijadoras, pulidoras, brilladoras, cepillos y esmeriles. Desarrolle otro tipo de accesorios que pueda emplearse con un taladro de 1/3 HP con capacidad para brocas de 3/8", y velocidad variable de 709 a 1000 RPM. Explique sus diseños y evalúelos desde el punto de vista comercial.

16. Bisagras de apertura o cierre automático. Algunas puertas interiores tienden a permanecer parcialmente abiertas, en vez de estar completamente abiertas contra la pared. Esto puede ser no solamente una incomodidad, sino un peligro, especialmente en pasadizos.

Diseñe una bisagra que mantenga la puerta completamente abierta. Este dispositivo puede eliminar el uso de topes y otros accesorios empleados para restringir el movimiento de una puerta. Su diseño debe ser lo más sencillo posible.

17. Unidad de almacenaje para cartuchos grabados. En muchos automóviles se usan grabadoras del tipo pasacintas, en los cuales se insertan cartuchos de música grabada. Diseñe una unidad de almacenamiento que contenga cierto número de estos cartuchos en forma ordenada, de tal manera que el conductor pueda seleccionarlos e insertarlos con un mínimo de movimiento y distracción. Determine la localización óptima y el método de fijación de esta unidad. Debe preverse el riesgo de robo de los cartuchos.

18. Trampa para ratones. Considere los factores mecánicos comprendidos en el trabajo de atrapar ratones y diseñe una ratonera que represente un avance respecto a los diseños existentes. Determine su valor comercial y su aceptabilidad como elemento de producción para el mercado general.

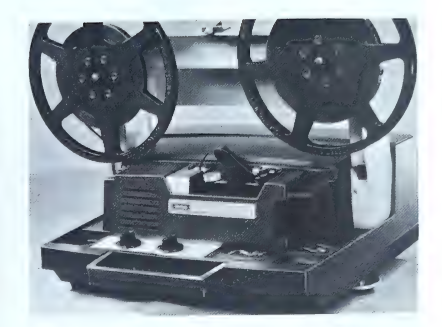


Fig. 19-7. Proyector cinematográfico. (Cortesía de Kodak.)

19. Elevador para proyector de diapositivas. La mayoría de estos proyectores posee patas ajustables que tienen por objeto dirigir la proyección hacia una pantalla (fig. 19-7). Sin embargo, el rango de variación de elevación permitido por este ajuste es de apenas unos 50 mm. Por esta razón, se acostumbra a utilizar libros u otros objetos para lograr la elevación deseada. Analice un proyector de diapositivas que esté a su disposición y determine los requerimientos específicos y las limitaciones de un sistema de ajuste posicional que permita una mayor variación de elevación. Diseñe un aparato que satisfaga estos propósitos, bien sea como parte del proyector o como accesorio adicional.

20. Atril para leer en la cama. A menudo usted habrá considerado la posibilidad de leer mientras descansa en la cama; sin embargo, el estar sosteniendo un libro en posición conveniente y durante algún tiempo puede resultar fatigante. Diseñe un atril que elimine la incomodidad mencionada. Elabore los dibujos y esquemas que expliquen el diseño y su construcción.

21. Patas para mesa. Se puede construir una gran variedad de mesas, empleando tablas o

madera prensada para la parte superior y patas disponibles en el mercado. La parte superior puede variar ampliamente en forma y tamaño pero las patas están restringidas a ciertas longitudes convencionales. Determine cuáles son las alturas convencionales de las mesas de uso general y diseñe una serie de patas que puedan ser adaptadas mediante tornillos a diferentes formas de la tabla superior. Por razones de estética, las patas no deben ser verticales, sino inclinadas hacia afuera. Diseñe las patas e indique el método de manufactura, los tamaños normales, costos y métodos de ensamblaje.

22. *Sistema para montar una canoa sobre un auto.* Las canoas o botes livianos se transportan frecuentemente sobre el techo de los autos, en una parrilla portaequipajes o en un dispositivo semejante. Resulta bastante difícil para una persona cargar o descargar un bote a, o desde, su posición de transporte sin recurrir a la ayuda de alguien más. Diseñe un accesorio que, operado por una sola persona, le permita remover o cargar un bote sobre el techo de un automóvil. Este dispositivo debe ser sencillo, de tal manera que su costo sea bajo y su mantenimiento mínimo. Suponga que el dispositivo está destinado a botes de aluminio de 4 a 7 m de longitud y de 50 a 200 kg de peso. Dibuje los planos apropiados para explicar el diseño y su operación. Especifique el método de asegurar el bote al auto.

23. *Mecanismo de sujeción de un ancla.* Aun en pequeños barcos pesqueros, se emplean anclas para evitar ir a la deriva. Diseñe una brida u otro tipo de dispositivo que sirva para asegurar el ancla a un costado del bote con un mínimo de esfuerzo. La brida o grapa debe asegurarse automáticamente cuando se aplique tensión al cable del lado del ancla.

Diseño de sistemas—Estudios de factibilidad

24. *Medidor múltiple de servicios públicos.* En la actualidad, toda residencia tiene medidores separados para agua, electricidad y gas, los cuales cada compañía revisa mensualmente. Esto significa una considerable duplicación de gastos y esfuerzos. Considere la factibilidad de combinar todos los indicadores en una unidad compacta, la cual sería leída mensualmente por una agencia independiente. Este sistema reduciría el número de inspectores a una tercera parte. Estudie la posible organización y realización de este sistema.

25. *Graderías portátiles.* Ciertas actividades al aire libre o bajo techo atraen una concurrencia reducida (100 personas o menos). El uso de silletería convencional puede ser un problema, ya que toda la audiencia, excepto en las primeras filas, tiene una visibilidad restringida. Diseñe un sistema de graderías portátiles que pueda ser armado y desarmado fácilmente para su almacenaje y utilización. Analice la estructura, el tamaño, los materiales y el método de fabricación. Determine el peso, las dimensiones y el espacio de almacenamiento necesario. ¿Podría usted identificar una serie de aplicaciones de este diseño que justifiquen su producción dirigida al mercado general?

26. *Campo de arquería.* La manufactura de equipo para entretenimiento y recreación se ha convertido en una importante industria, debido al incremento del tiempo libre. Los campos de tiro, de golf, los autódromos y otros servicios constituyen inversiones muy satisfactorias. Su tarea consiste en determinar la factibilidad de construir y organizar la operación rentable de un campo de arquería para principiantes y expertos en la materia. Usted debe investigar la necesidad de esta empresa, su mercado potencial, su localización, el equipo requerido, el método de operación, costos fijos y variables, y demás factores comprometidos en su decisión en cuanto a la factibilidad del proyecto. Estudie todos los aspectos técnicos referentes a preparación del lugar, servicios, concesiones y estacionamiento.

27. *Alquiler de automóviles.* La mayoría de los estudiantes universitarios no tienen recursos para comprar automóvil. Pero, sería buena idea el poder disponer de un auto durante los fines de semana y otras ocasiones especiales. Determine las posibilidades de organizar un sistema de alquilar automóviles. Usted debe recoger

datos que permitan determinar el interés general, los factores de costos, el número apropiado de autos, las tarifas, las necesidades individuales, garajes, mantenimiento y demás factores que afecten la factibilidad de la operación. Evalúe el sistema total, de tal manera que esté en capacidad de hacer recomendaciones fundamentadas en datos pertinentes. Especifique los detalles del sistema, incluyendo localización, costo de operación y nivel de entradas esperado.

28. Pistas para aeromodelos. Los aficionados a construir y volar modelos con motor de gasolina, generalmente, no disponen de los campos adecuados. Usted está comisionado para investigar la conveniencia del servicio que proporcionará a los aficionados un lugar adecuado para volar sus modelos. Usted debe investigar sus necesidades, control acústico, factores de seguridad, método de operación y, finalmente, una evaluación total del sistema. Seleccione el lugar que usted crea conveniente y evalúe el equipo, servicios y trabajo que requiera el terreno. Determine el volumen de utilización y las ganancias (si las hay) esperadas en una empresa de este tipo. La solución definitiva debe explicar el tratamiento del problema, el plan sugerido y sus recomendaciones.

Diseño de sistemas—Sistemas experimentales

29. Ducha al aire libre. Usted es el propietario de una casa de campo y por razones de economía no dispone de un sistema de agua caliente; sólo tiene servicio de agua fría. Diseñe un sistema que aproveche la energía solar durante el verano para calentar el agua de baño y cocina. Ingéniese la manera de utilizar el mismo sistema durante las estaciones frías, empleando otras fuentes de energía (petróleo, carbón, etc.). Explique su diseño, la temperatura y el costo de operación del sistema (especialmente cuando se calienta artificialmente). ¿Podría usted diseñar una ducha portátil para viajes campestres? Estudie las posibilidades de este producto en el mercado público.

30. Aparato para hacer ejercicios físicos. Se insiste mucho en el deficiente estado físico de aquellos adultos que tienen trabajo de oficina y hacen poco ejercicio. Considere las necesidades fisiológicas y los ejercicios que mejor conducen a mantener un buen estado de salud. Diseñe un producto o sistema para hacer ejercicios para uso casero. Explique la forma de utilizar el aparato y los beneficios que de él se esperan.

31. Teleférico. Muchas universidades están concentradas en áreas bastante reducidas; esto hace imposible o inconveniente recorrerlas en automóvil. Considere el teleférico como método de movilización de personal universitario y visitantes entre los edificios o lugares claves de la universidad. Estudie la aplicación de esta idea a su universidad en particular. Determine la ruta, el sistema estructural, los factores de seguridad, gastos de operación, tarifas para pasajeros y el proyectado número de usuarios.

32. Registrador de accidentes. Son frecuentes los accidentes que ocurren en los cruces o bocacalles de tránsito congestionado y es un hecho que se requiere gran cantidad de trámites y papeleo para registrar los detalles de un accidente, incluyendo los informes de las partes comprometidas y de testigos. Una solución podría ser la adopción de un sistema capaz de grabar el accidente en película o «videotape». Esta idea es muy general y necesita estudio e investigación. Dado que el costo del sistema podría ser muy alto, su instalación estaría limitada a aquellas áreas con mayor frecuencia de accidentes. Un aspecto del problema consiste en sugerir estas áreas. El diseño del sistema y la descripción de su modo de operación representan un problema comprensivo que requiere, entre otras cosas, un estudio concienzudo de los instrumentos disponibles. Estudie el costo de operación de su diseño y su factibilidad.

33. Sistemas de instrucción. La instrucción académica podría mejorarse si se tuviera a disposición un sistema de comunicación recíproco entre profesor y estudiante. Por ejemplo,

el profesor podría avanzar en materia a una velocidad más eficiente si tuviera idea del nivel de comprensión que su exposición conlleva. Estudie este problema con el objeto de determinar la posibilidad de desarrollar un sistema que le permita al estudiante indicar si está o no comprendiendo la clase, sin tener que hacer preguntas que ocasionan pérdida de tiempo. Si se pudiera ingeniar un sistema que informe al profesor del grado de efectividad de su conferencia, éste podría aumentar o disminuir el ritmo de presentación de acuerdo con la capacidad de la audiencia.

34. Sistema de transporte pedestre. En su universidad existen seguramente lugares en donde el tránsito pedestre es muy congestionado. Este problema se puede agudizar durante horas pico; es decir, entre clases. Estudie la posibilidad de desarrollar un sistema que tienda a distribuir mejor el flujo de personas durante estos períodos de congestión. Considere también el problema de pérdida de tiempo que afronta un estudiante quien, para cambiar de clase, tiene que, en un edificio, descender desde un piso superior hasta la primera planta, recorrer cierta distancia hasta otro edificio y subir hasta el piso donde esté localizada su siguiente clase; todo esto, seguramente, por caminos bastante concurridos. Sus ideas pueden ser experimentales y utópicas a simple vista, pero busque una solución, aunque introduzca un concepto de tránsito completamente nuevo.

Diseño de sistemas—Planeación para el futuro

35. Servicio de helicóptero. A usted le corresponde la responsabilidad de planear un servicio de helicópteros para pasajeros desde el centro de la ciudad hasta el aeropuerto. El servicio se prestará con un horario regular y su objetivo será eliminar la pérdida de tiempo ocasionada por las congestiones de tránsito de automóviles. Analice las necesidades de la comunidad para determinar la factibilidad y conveniencia económica del sistema. Determine el área de aterrizaje y el horario de vuelos. Estime el número de pasajeros necesarios para justificar la instalación del sistema y el costo por pasajero.

36. Planeación de la universidad. Suponga que su universidad debe empezar a planear la prestación de servicios a plena capacidad; es decir, doce meses al año y 24 horas al día. Determine el número de estudiantes que tendrá cabida en las aulas, residencias y demás instalaciones en su estado actual. Es importante analizar los problemas que puedan surgir en los aspectos de programación horaria de clases de personal docente y administrativo. Evalúe los cambios que ocurrirían en los sistemas de estacionamiento, tránsito pedestre y administración del sistema total. La identificación de las áreas que requieren investigación constituye una porción importante de este problema. Sus descubrimientos deben ir acompañados de datos que los fundamenten.

37. Operación de un duplicador heliográfico. Las copias de este tipo se logran colocando el original en contacto con papel especialmente procesado y alimentándolo a través de la máquina. El departamento de reproducciones de una compañía importante debe procesar un gran número de copias; por consiguiente, se requiere un operador de tiempo completo. Suponga que a usted le ha sido asignada la tarea de organizar un sistema que produzca la utilización óptima del tiempo del operador y del equipo, cumpliendo las especificaciones que se indican a continuación.

La máquina acepta originales individuales o series de originales mediante una banda transportadora de un metro de ancho que se mueve a razón de 3 m/seg. El formato más común en la compañía es de 28 × 42 cm. El papel heliográfico debe pasar por el revelador (localizado directamente sobre la ranura de alimentación) a una velocidad de 3 m/seg. Las dimensiones de la máquina son: 1,50 m de longitud, 0,60 m de ancho y 1,20 m de altura. Seleccione el equipo, las mesas y su disposición más eficiente. Estudie las necesidades de espacio de trabajo y la secuencia de actividades. Suponiendo que el sistema se diseña según sus especificaciones, determine el

tiempo que el operario dedica a cada dibujo (trabajando a máxima eficiencia). Investigue y tenga en cuenta las demás operaciones del operario, tales como encuadernación de conjuntos de copias y originales, para su evaluación. Elabore los planos y esquemas que sean necesarios para explicar su diseño.

38. Teatro al aire libre (drive-in). Usted ha sido encargado de estudiar la instalación de un cine tipo *drive-in*. Como director del proyecto, usted debe determinar la capacidad óptima, teniendo en cuenta el estacionamiento y la visibilidad adecuados para la audiencia, así como una operación rentable. Debe prestar especial atención a los aspectos siguientes: circulación de vehículos, tamaño y localización de la pantalla, instalaciones eléctricas, drenaje y alcantarillado, servicios, concesiones y demás detalles usualmente encontrados en un teatro de este tipo. Estudie las diversas disciplinas técnicas que deben tomar parte en un problema de esta categoría. Reseñe el máximo posible de requerimientos básicos que usted crea deben satisfacerse. Determine la distribución general del teatro, su sistema de tránsito y los principales componentes. Especifique en detalle uno de los espacios de estacionamiento, indicando la pendiente del terreno necesaria para suministrar buena visibilidad.

Enumere las áreas que puedan necesitar servicios especializados; por ejemplo, ingeniería eléctrica, civil, etc. Indique a grandes rasgos su plan de utilización de los consultores que prestarán asistencia en la elaboración del diseño definitivo. Puede acudir a las páginas amarillas de un directorio telefónico para localizar nombres de individuos o empresas que le puedan ayudar.

39. Estación de botadura. Suponga que su comunidad planea acondicionar un lago para la práctica de deportes acuáticos. Su contribución consiste en diseñar un área de botadura en donde se puedan localizar convenientemente los remolques en donde se llevan los botes. Suponga que esta estación debe estar en condiciones de lanzar 500 botes en las horas más congestionadas del día. Analice los requerimientos de un sistema funcional que controle este flujo sin ninguna interferencia. Se deben investigar cuidadosamente el área de lanzamiento, el espacio requerido, el área de estacionamiento y el tipo de terreno adecuado para este servicio. Determine la tarifa apropiada para cubrir los gastos de mantenimiento y posibles salarios.

Diseño de sistemas—Modificación de un sistema

40. Sistema de calefacción de un automóvil. Un buen número de autos viene equipado con calentadores de respuesta bastante lenta. Por esta razón, sería conveniente utilizar un sistema accesorio que suministre calor al interior del auto de una manera bastante rápida y durante un tiempo corto; es decir, mientras el calentador principal alcanza las condiciones normales de calentamiento. Investigue el diseño de un accesorio de este tipo que utilice los sistemas existentes y pueda adquirirse a un costo razonable. Evalúe la necesidad de tal aparato y el método de promover su venta, una vez que se logre un diseño satisfactorio. Diseñe el calentador, explique su operación, su método de acople al automóvil y enumere sus ventajas principales.

41. Interior de un automóvil. La cavidad interior en la mayoría de los automóviles tiene la misma distribución; es decir, dos asientos paralelos dirigidos hacia el frente. Analice este recinto con el fin de idear un sistema que permita mayor versatilidad y comodidad de sus elementos. Tal vez los asientos puedan tener un diseño modular de posición múltiple, de tal manera que se puedan acomodar para mirar televisión o simplemente para conversar entre pasajeros. Se puede pensar en la inclusión de otras unidades tales como grabadoras, divanes, luces para leer, salidas de aire acondicionado individuales para los pasajeros, etc. Analice completamente el interior, teniendo en cuenta los factores humanos y todos los sistemas que se puedan ver afectados.

42. Muelle de carga. La industria de transporte por camiones moviliza una gran porción de materiales y productos. Es muy importante

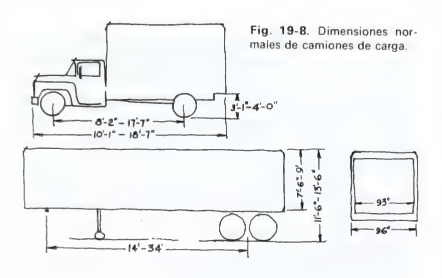


Fig. 19-8. Dimensiones normales de camiones de carga.

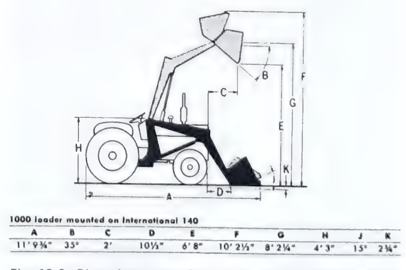
que estos artículos se descarguen y almacenen con suma eficiencia para evitar al máximo la demora o tiempo cesante de los vehículos. El proceso de descarga generalmente se hace mediante grúas de tenedor desde un muelle nivelado con el piso del camión. Diseñe un método que garantice un muelle de piso ajustable al nivel del piso del camión, dado que este último puede variar de un modelo a otro.

Las condiciones extremas del invierno pueden ocasionar una baja en la eficiencia de los trabajadores; por tanto, sería conveniente diseñar un sistema que encierre el camión y proteja al personal durante las maniobras de carga y descarga, utilizando el sistema calefactor de la bodega. En la fig. 19-8 se dan las posibles dimensiones de los camiones de carga. Haga un bosquejo del plan general, además del diseño del muelle.

43. Aditamento de seguridad en un tractor. No son raros los accidentes mortales sufridos por los conductores de tractores, ocasionados por volcaduras, especialmente cuando se trabaja en terrenos irregulares. Por esta razón, sería meritorio investigar el diseño de un sistema de protección para el conductor en estos casos. Estudie las diferentes posibilidades de diseño. Consulte con los representantes comerciales de las diferentes firmas productoras de maquinaria agrícola acerca de las dimensiones y especificaciones pertinentes a su diseño. En la fig. 19-9 se dan las dimensiones generales del tipo de tractor que usted debe investigar.

44. Modificación de un servicio existente. Señale un área de su universidad o comunidad que usted crea deficiente para la demanda actual; podría ser un cruce, un estacionamiento, un campo de recreación, un salón de clase, etc. Identifique el problema y las deficiencias que deban corregirse y proponga las modificaciones que deban efectuarse para mejorar su servicio. Diseñe el sistema total que ha de actualizar el sistema o servicio obsoleto.

45. Sistema de grabación. En la mayoría de las clases, el estudiante debe dedicar una gran parte de su tiempo tomando notas; esta actividad distrae su atención hacia los conceptos que se presentan. Además, sus apuntes pueden ser difícilmente legibles y, por tanto, poco útiles. Este procedimiento es aún muy generalizado, aunque se dispone de muchos avances tecnológicos bastante superiores en el registro de todo tipo de información. Diseñe un sistema que proporcione al estudiante una grabación sonora (cinta magnética) de sus clases, tal que pueda repasarlas y estudiarlas en su domicilio. Considere la posibilidad de instalar un sistema automático que registre las ilustraciones y diagramas presentados en clase por el instructor, eliminando así el procedimiento manual de copia. Evalúe el sistema y determine los beneficios que pueda proporcionar al programa académico. Enfoque el diseño desde



1000 loader mounted on International 140

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
11'9¾"	35°	2'	10½"	6'8"	10'2½"	8'2¼"	4'3"	15°	2¾"

Fig. 19-9. Dimensiones generales de un tractor con dispositivo de excavación. (Cortesía de International Harvester Company.)

el punto de vista de una empresa que planea producir un sistema experimental para distribuir en el mercado educativo. Enumere las conveniencias y posibles aplicaciones de tal sistema en circunstancias distintas a las puramente académicas.

46. Modificación de una estación de servicio. El sistema actual de las estaciones de servicio difiere muy poco de su concepción original. Un cambio importante, sin embargo, radica en el uso del sistema de tarjetas de crédito, el cual impone al empleado tareas ligeramente complicadas. Es necesario que se elabore un recibo para que el cliente lo firme; esto requiere mayor trabajo que un pago en efectivo. Generalmente, el empleado recoge la tarjeta de crédito, la lleva a la oficina, prepara el recibo y regresa al auto del cliente. Estos pasos representan pérdida de tiempo y movilización innecesaria. Por otra parte, el método de servicio corriente, limpieza de parabrisas, revisión de aceite y demás rutinas, se hace de la forma tradicional, sin que haya ocurrido ningún avance técnico.

Estudie las operaciones generalmente realizadas en un auto en una estación de servicio y desarrolle un sistema más eficiente. Esto puede implicar una reorganización completa de la estación y los servicios suministrados. Quizá sea necesario diseñar un tipo de estación o una sección especial que atienda rápidamente a los clientes que sólo necesitan gasolina. Modifique el sistema actual de tal forma que represente un verdadero adelanto.

Diseño de productos

47. Tienda camuflada para cazadores. Es conveniente que, durante la cacería de patos y gansos, los cazadores permanezcan ocultos. Diseñe una tienda camuflada portátil que aloje dos personas. El producto debe ser completamente portátil, de tal manera que pueda transportarse en secciones. Especifique todos sus detalles y el procedimiento de ensamblaje y utilización.

48. Accesorios para un carro de golf. Las figs. 19-10 y 19-11 ilustran un carro de golf



Fig. 19-10. Vehículo para golfistas.

y su ensamblaje, respectivamente. Las dimensiones y especificaciones son las siguientes: longitud total 98"; ancho total 48"; altura de los asientos 26"; motor eléctrico 36 voltios; carrocería en fibra de vidrio reforzada. El carro

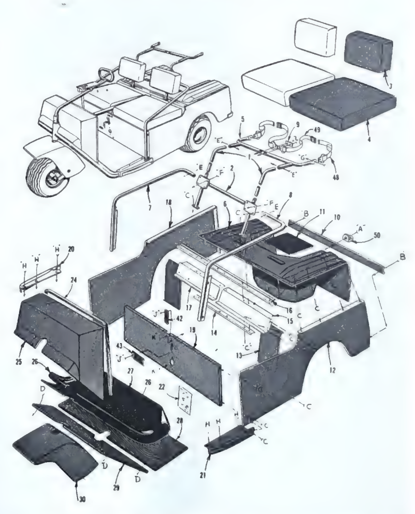


Fig. 19-11. Perspectiva explotada del vehículo para golfistas. (Cortesía, con la figura anterior, de Versal, Incorporated.)

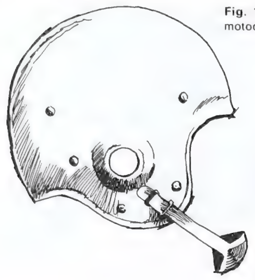


Fig. 19-12. Configuración actual de un casco para motociclistas.



Fig. 19-13. Silla plegable con dispositivo para escribir.

está diseñado para transportar sobre un campo de golf a dos personas con sus implementos de golf. Analice este diseño y determine las modificaciones que lo puedan mejorar. Por ejemplo, se podría pensar en un aditamento para protección del sol, el cual debería ser económico, fácil de fijar y atractivo.

Evalúe la configuración total del vehículo con el propósito de lograr un diseño (completo) más conveniente. ¿Puede usted pensar en nuevos mercados para este producto? Es decir, ¿existen funciones adicionales para un vehículo de este tipo?

49. Casco protector para motociclistas. Un buen número de accidentes motociclísticos resultan fatales, debido a golpes en la cabeza. Evalúe los diseños actuales (fig. 19-12) y determine aspectos que requieren modificación. Diseñe estas modificaciones o rediseñe el casco completamente, tratando de incorporar todas las medidas de seguridad y comodidad que crea conveniente.

50. Tabla de escribir para una silla plegable. Diseñe una tabla para escribir que, a manera de brazo, pueda acoplarse a una silla plegable en casos de necesidad urgente. Es conveniente que el brazo también sea plegable, para que facilite el almacenamiento del conjunto (fig. 19-13). Tome las dimensiones y especificaciones de cualquier silla plegable que encuentre a su disposición.

51. Trineo para bebés. Un fabricante de trineos planea ampliar su producción hacia el mercado de productos infantiles. Diseñe un trineo que se pueda utilizar para pasear un bebé en la nieve; deben tomarse las medidas de seguridad y comodidad apropiadas. El vehículo debe ser fuerte, económico y ligero. Considere, además, la posibilidad de que el vehículo se pueda adaptar fácilmente para su desplazamiento sobre calzadas limpias.

52. Rampa portátil. En los camiones de reparto se emplean rampas para efectos de carga y descarga de productos y materiales al destinatario. Considere, por ejemplo, el caso de un comerciante que distribuye artículos pesados, tales como pinturas o bebidas, los cuales son difíciles de levantar (fig. 19-14). Con



Fig. 19-14. Rampa de descarga.

la especificación de que el piso del camión está a 50 cm del suelo, diseñe una rampa portátil que facilite el trabajo de carga y descarga de artículos, utilizando una carretilla.

53. Retenedor automático. Una institución de estudios oceanográficos emplea sensores submarinos. Estos instrumentos se sumergen mediante cables, desde un bote en la superficia. Con cierta frecuencia, ocurre que el cabrestante que eleva el sensor continúa halando a pesar de que el sensor ha alcanzado la polea; esto hace que el cable se rompa y se pierda el sensor. Diseñe un retenedor automático que sujete el sensor una vez que toque la polea. La figura 19-15 ilustra este problema. Suponga que el peso del sensor sumergido es de 40 kilos.

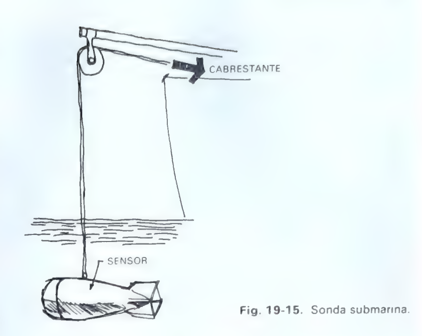


Fig. 19-15. Sonda submarina.

54. Acople flexible para remolques. El sistema vehículo-remolque de la fig. 19-16 está destinado a exploraciones sobre terreno irregular. Usted debe diseñar un sistema de acople que se adapte a las condiciones más severas posibles. Estudie los requerimientos y limitaciones del problema e identifique los parámetros determinantes del problema. Su diseño debe ser funcional, confiable y fácil de acoplar y desacoplar.



Fig. 19-16. Vehículo y remolque de exploración con acople flexible.

55. Posicionador de tuberías y conductores subterráneos. El método corriente de tender tuberías y cables eléctricos subterráneos requiere la excavación y rellene de zanjas; esta labor puede resultar costosa y demorada. Diseñe un aparato que, simultáneamente, cave el hueco y tienda la tubería o línea. Suponga que el aparato será accionado desde un camión y tendrá una acción de tracción o empuje. La acción excavadora no debe afectar mucho la superficie del terreno (pavimento, grama, etcétera). Las líneas deben tenderse a una profundidad de 50 cm. El aparato debe posicionar tubería o cable de hasta 25 mm de diámetro. Examine el mercado potencial de un instrumento de este tipo.

56. Elevador de trabajo — ingeniería humana. Los obreros encargados de asegurar placas de yeso, de madera u otro tipo de material de recubrimiento de paredes, pueden trabajar



Fig. 19-17. Necesidad de un elevador.

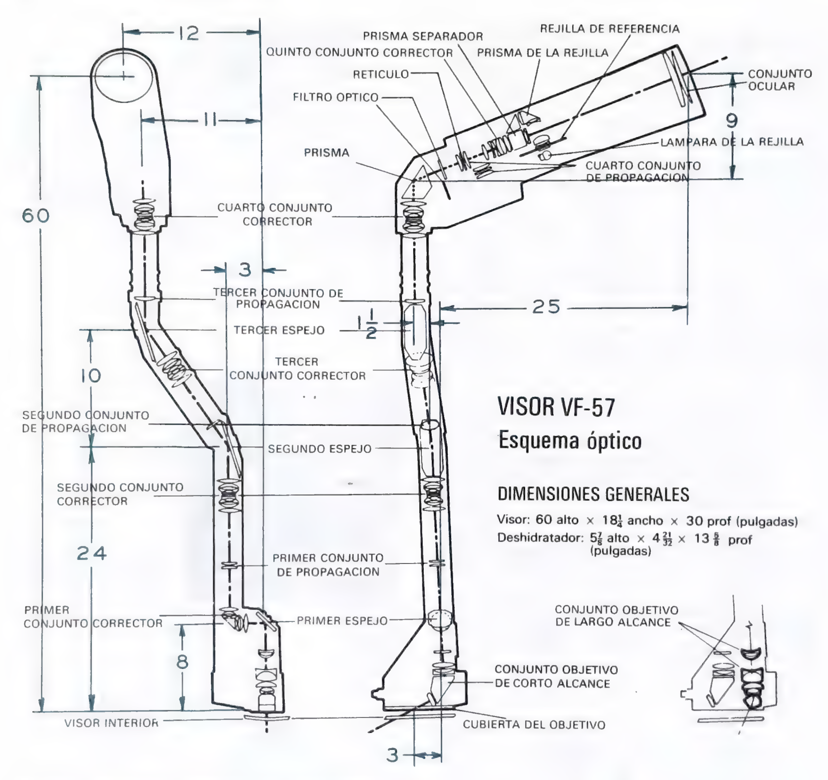


Fig. 19-18. Visor flexible. (Cortesía de Chicago Aerial Industries, Inc.)

sobre andamios, escaleras o algún tipo de zancos que les permita alcanzar la altura adecuada (fig. 19-17). El uso de zancos haría la operación más eficiente, ya que evitaría que el individuo tuviera que desmontarse para movilizar el equipo. El tamaño normal de estas placas de recubrimiento es de 1,20 × 2,40 metros.

Diseñe un sistema de zancos que capacite al trabajador para alcanzar alturas de hasta 2,40 m y realizar su operación en forma cómoda. Estos elevadores deben ser ajustables, de acuerdo con la estatura, peso y corpulencia del usuario. Analice los requisitos humanos que deba satisfacer el diseño; es decir, comodidad, movilidad, seguridad y adaptabililidad al cuer-

po humano. Considere también la disposición apropiada de las placas, de tal manera que sean accesibles a la persona montada en los zancos.

57. *Sistema óptico de un visor dirigible.* Los avances técnicos en aerofotografia exigen un aparato que localice y enfoque objetivos con un mínimo esfuerzo de parte del piloto u operador del sistema fotográfico. La fig. 19-18 presenta dos vistas de un sistema óptico fabricado por Chicago Aerial Industries. Con las dimensiones de la figura, determine las especificaciones de los prismas y espejos localizados en aquellos puntos en donde se quiebra la línea de visión. Para la solución utilice dibujos a una escala bastante grande, tal que se pueda obtener un buen grado de exactitud.

58. *Silla deportiva.* Analice la conveniencia de diseñar una silla que pueda emplearse para acampar, pescar, asistir a eventos deportivos y para cuanto usted pueda imaginarse. No se trata de diseñar una silla para un fin especifico, sino para una gran variedad de usos que justifiquen su comerciabilidad. Enumere todas las posibles aplicaciones y emplee esta lista como requisitos de diseño. Evalúe el mercado potencial del producto.

59. *Retrete portátil.* Diseñe un retrete portátil para usar en campamentos o excursiones. La unidad debe ser completamente portátil. Analice el método de eliminación de productos y evalúe el mercado potencial de la unidad.

60. *Asiento para llevar niños en una bicicleta.* Diseñe un asiento que sirva para llevar a un niño como pasajero en una bicicleta. Suponga que la bicicleta ha de ser conducida por una persona adulta. Determine el rango de edades de los posibles pasajeros. Incorpore en su diseño implementos de seguridad y comodidad. Determine el método de sujeción de la silla a la bicicleta.

61. *Sistema de control para un rociador giratorio de grama.* Diseñe un rociador giratorio que sirva para irrigar uniformemente terrenos de forma irregular. El aparato debe ser ajustable, dentro de cierto rango, a terrenos de cualquier forma. Considere también un método para suspender el agua durante ciertas posiciones del rociador, con el fin de no mojar áreas que deban permanecer secas.

62. *Interruptor automático para un sistema de irrigación.* Los sistemas de irrigación, bien sean domésticos o agrícolas, requieren revisión frecuente con el fin de evitar inundaciones que arruinen los cultivos o, simplemente, el desperdicio de agua. Diseñe un interruptor de flujo de agua que elimine el trabajo de inspección. Tal vez usted pueda diseñar una válvula automática que suspenda el suministro de agua a horas determinadas. Otra posibilidad consiste en un sensor que mida la humedad del terreno y, cuando se llegue al límite permisible, cierre el paso del agua y suspenda el funcionamiento del rociador. Desarrolle sus ideas hasta donde le sea posible.

63. *Accesorio para fertilizante.* Las cuchillas rotativas de las segadoras motorizadas, además de cortar el césped, producen una corriente centrífuga de aire; esta corriente podría utilizarse para distribuir fertilizantes a la vez que se poda el césped. Diseñe un accesorio con este fin, tal que pueda acoplarse a uno de los modelos comerciales. Analice su operación y método de acople y determine su rango de aplicación.

64. *Accesorio para lavar ventanas o automóviles.* La presión del agua disponible en las tuberías domésticas podría utilizarse para operar un mecanismo que, simultáneamente, suministre el agua y el movimiento restregador necesarios en una operación de lavado de superficies. Diseñe un mecanismo de este tipo, considerando que ha de ser acoplado a una manguera, con el fin de lavar ventanas y automóviles. Estudie su aplicación a otros oficios domésticos de la misma índole.

65. *Indicador de velocidad del aire.* Diseñe un aparato que mida la velocidad del viento relativa a un automóvil en movimiento. Determine en qué parte del automóvil debe ir localizada, su método de operación y los beneficios que pueda traer al conductor. Estudie la factibilidad de un medidor de temperatura del aire

exterior a un auto en movimiento y la conveniencia de tal instrumento.

66. Transportador de artefactos domésticos pesados. Diseñe un aparato que se pueda utilizar para trasladar, dentro de la casa, artefactos pesados tales como estufas, refrigeradores y lavadoras. El producto no tendrá un uso muy frecuente; sólo se empleará para redistribución, limpieza y mantenimiento de estos equipos. Por tanto, para que el producto tenga acogida, deberá ser muy económico. Analice su diseño en cuanto a aplicación, ventajas y limitaciones.

67. Gato para automóviles. Los gatos convencionales representan un riesgo cuando se trata de cambiar llantas en terrenos inclinados. Un gato normal no posee un método adecuado de fijación al bastidor o parachoques del auto, lo que lo convierte en un serio problema de seguridad. Diseñe un gato que represente un avance sobre los modelos existentes en cuanto a método de sujeción y, si es posible, que emplee un mecanismo diferente de aplicación de la fuerza de elevación. Considere los diversos tipos de terrenos sobre los cuales deba operar el aparato. Analice el funcionamiento de su diseño, el método de aplicarle fuerza, su medio de fijación al auto que va a levantar, el espacio de almacenamiento requerido en el baúl y su mercado potencial.

68. Portamapas. Un conductor que viaja a través de territorios desconocidos debe consultar frecuentemente un mapa. Esto es especialmente importante en ciudades grandes, en donde se deben seguir rutas predeterminadas y evitar desviaciones complicadas. Diseñe un sistema que, ubicado en un sitio conveniente del auto, le permita al conductor observar rápidamente el mapa. Considere también el método de iluminación del mapa durante la noche, teniendo en cuenta que no debe distraer al conductor. Piense en las diferentes posibilidades de poner el mapa y su información a disposición del conductor.

69. Remolque para vacaciones. El espacio de un auto puede ser insuficiente para las personas y el equipaje de una familia promedio. Evalúe las necesidades de una familia promedio; es decir, los elementos que se han de transportar, la distancia por recorrer y la duración del viaje de vacaciones y otros datos semejantes. Basándose en esta información, diseñe un remolque que, acoplado a un automóvil, suministre el espacio adicional necesario. Utilice en el diseño componentes comerciales en cuanto sea posible, con el fin de reducir los costos de fabricación de partes especiales. Se deben tomar las medidas necesarias de protección contra las inclemencias del tiempo y de facilidad de acceso al equipaje. Piense en soluciones, diferentes del remolque, para proveer espacio adicional.

70. Adaptación de una bicicleta para dos personas. Diseñe los elementos necesarios para transformar una bicicleta ordinaria en un tándem, utilizando las partes de otra bicicleta del mismo modelo y tamaño. Base su diseño en un modelo específico y resuelva, entre otros, el problema de pedaleo repartido. Determine el costo de ensamblaje y su método de acoplamiento a una bicicleta ordinaria. En cuanto sea posible, utilice partes comerciales para reducir el maquinado de elementos especiales.

71. Equipo para desatascamiento. La falta de tracción por el patinaje de las llantas es una experiencia bastante común que se presenta durante el atascamiento de un auto en terrenos cubiertos por arena, lodo o nieve. En la mayoría de los casos es muy difícil para una sola persona salir de un problema de este tipo. Diseñe un equipo o caja de herramientas compacto y portátil que sirva para desatascar un auto cuando no se dispone de asistencia. El equipo puede constar de uno o varios elementos. Investigue la aplicabilidad de un diseño de este tipo y los principales factores que producen la ausencia de tracción. Explique e ilustre la operación de su diseño y especifique sus limitaciones y ventajas.

72. Descongelador de parabrisas. Durante el invierno, la lluvia helada constituye un gran peligro en la conducción de un vehículo, ya que reduce la visibilidad por la formación de una capa de hielo sobre el parabrisas. El proce-

so de descongelación generalmente toma de 15 a 25 minutos, tiempo durante el cual el sistema calefactor del auto produce suficiente calor para fundir el hielo.

Diseñe un aparato o sistema que descongele el parabrisas en un mínimo de tiempo, sin que por esto pueda dañar el acabado interior o exterior del auto. Su solución debe trabajar rápidamente y debe ser fácil de acoplar al vehículo. Su diseño debe poder aplicarse tanto al parabrisas delantero como a las demás ventanas, ya que éstas también influyen en la buena visibilidad. Su diseño debe ser económico y, en lo posible, sencillo.

73. Soporte para un taladro eléctrico. Un taladro eléctrico de mano es una herramienta cuyo motor puede emplearse para una gran variedad de aplicaciones, aparte de abrir agujeros (su función principal). Su versatilidad podría ampliarse si pudiera montarse en un soporte fijo, tal que funcionara como taladro de mesa, por ejemplo, o sirviera para otras operaciones que, manualmente, no fueran tan eficientes. Analice diversas operaciones que requieran soporte fijo y diferentes aplicaciones de un taladro, tales como suministrar potencia a una sierra circular u otra herramienta parecida y enumere las ventajas de este tipo de montaje. Diseñe un soporte o fundación que incremente la versatilidad de un taladro eléctrico de mano y que resulte económico de producir. Revise varios catálogos, folletos y otras fuentes de información, con el fin de elegir el taladro que será objeto de su diseño.

74. Señal de emergencia para un automóvil. Con mucha frecuencia, ocurre que un conductor queda desamparado en la carretera después de un accidente o fallo en su vehículo. Este problema se agudiza en la noche, a causa de la poca visibilidad. Investigue la posibilidad de instalar un accesorio que sirva para hacer notar un auto averiado. Este accesorio debe indicar claramente la necesidad de asistencia y prevenir a los demás vehículos, especialmente cuando el auto accidentado se halla obstaculizando la vía parcial o totalmente.

Tal vez sea conveniente que el aparato sea eléctrico para que así tenga luz propia; sin embargo, tenga en cuenta otros métodos. Determine la localización y los métodos de control del accesorio. Evalúe su diseño y su mercado potencial.

75. Mezclador de pinturas. La pintura que se compra en el almacén debe ser mezclada consistentemente por algún método conveniente de agitación. Un proceso manual resulta deficiente y demorado. Diseñe un producto que pueda utilizarse bien sea en el almacén de pinturas o en el sitio de aplicación, para mezclar rápida y eficazmente la solución. Determine la capacidad nominal para la cual se va a diseñar el mezclador. Tenga en cuenta todas las posibilidades y métodos disponibles para realizar esta operación. Estudie el mercado potencial de este producto.

76. Montaje de un motor fuera de borda para una canoa. A diferencia de un bote cuya parte posterior es recta, una canoa de extremos agudos no proporciona una superficie apropiada para montar un motor. Diseñe un soporte que permita adaptar un motor propulsor a una canoa. Indique de qué forma el conductor ha de controlar el motor. Su diseño debe ser tan sencillo y barato como sea posible.

77. Cafetera para automóvil. Muchas son las comodidades y accesorios que se han incorporado a los autos modernos; sin embargo, hasta el momento, no se ha pensado en el aficionado a quien le gustaría mucho saborear una taza de café mientras viaja. En el auto se dispone de fuentes de calor adecuadas para la preparación rápida de esta bebida. Diseñe un accesorio que, como parte integral de un automóvil, suministre café en el área del tablero de instrumentos. Estudie aspectos tales como tipo de café, instantáneo o regular, método de cambiar o agregar agua, grifo, etc. Elabore las notas, dibujos y especificaciones necesarios para explicar su diseño.

78. Silla infantil (en voladizo). La silla alta es el medio corriente de elevar niños pequeños a la altura de una mesa; sin embargo, la mayoría de estas sillas están diseñadas de tal manera que el niño no tiene acceso a la mesa. Diseñe un asiento infantil que pueda

acoplarse a una mesa que soporte al pequeño a la altura adecuada. El diseño de la silla debe impedir que el niño se salga de ella o pueda removerla de la mesa. Una posible solución sería una silla en voladizo apoyada en la misma mesa y que emplee el peso del infante como fuerza fijadora. El diseño sería mejor si la silla fuese plegable o apropiada para otras necesidades. En otras palabras, elabore un producto tan versátil como sea posible. Determine el rango de edades para quienes deba aplicarse el diseño y perfeciónelo según sus dimensiones.

79. Soporte para televisores pequeños. Con la aparición de televisores en miniatura, se hace conveniente un dispositivo que facilite la observación, desde la cama, de aparatos de pantallas en el rango de 6" × 6" a 7" × 7". Determine la localización óptima del televisor respecto al espectador. Junto con el soporte, diseñe un método de ajuste que permita colocar convenientemente el aparato. Estudie el método de camuflar las conexiones eléctricas y evalúe el mercado potencial del diseño.

80. Fijador de enchapados. El obrero que se encarga de colocar láminas de recubrimiento de 1 × 2 m, requiere la asistencia de un ayudante para mantener las piezas en la posición adecuada mientras aquél las clava. La necesidad del ayudante incrementa el costo de mano de obra; por consiguiente, sería conveniente diseñar un aparato para sostener las chapas contra las paredes y, especialmente, contra el techo, para que así sólo sea necesario un trabajador para efectuar la operación completa. Diseñe un aparato que tenga esta función y, además, sea fácil de transportar, económico y versátil. Investigue el método más eficiente para que el operador controle el mecanismo y enumere las características que justificarían la venta del producto. Aunque la altura de un techo normal es de 2,40 m, provea los ajustes convenientes para utilizar el aparato en techos más altos o más bajos.

81. Morral para caminantes. Diseñe un morral para cargar a la espalda los diferentes implementos de un excursionista. Su diseño debe basarse en el análisis de los elementos necesarios para un viaje de este tipo. Un aspecto importante del diseño consiste en adaptar el equipo al cuerpo humano, de tal manera que se logre un máximo de comodidad y balance de la carga para viajes prolongados. ¿Puede usted pensar en otras aplicaciones de su diseño?

SUPLEMENTO DE NORMAS EUROPEAS

PROYECCION ORTOGONAL: SISTEMA EUROPEO O DIN.ISO (E)

Este tipo de proyección, al igual que el sistema norteamericano, o ISO (A), se hace sobre planos perpendiculares de proyección, de tal manera que, tanto en un sistema como en otro, las proyecciones tienen la misma apariencia, diferenciándose solamente en la disposición normalizada de las vistas.

Si se compara la fig. E-1, que da la disposición normalizada de las vistas en el sistema europeo, con la fig. 5-28, se observa que la única vista que tiene la misma colocación en los dos sistemas es la vista de frente. En el sistema europeo, o ISO (E), la vista de arriba se coloca debajo de la de frente, la vista inferior

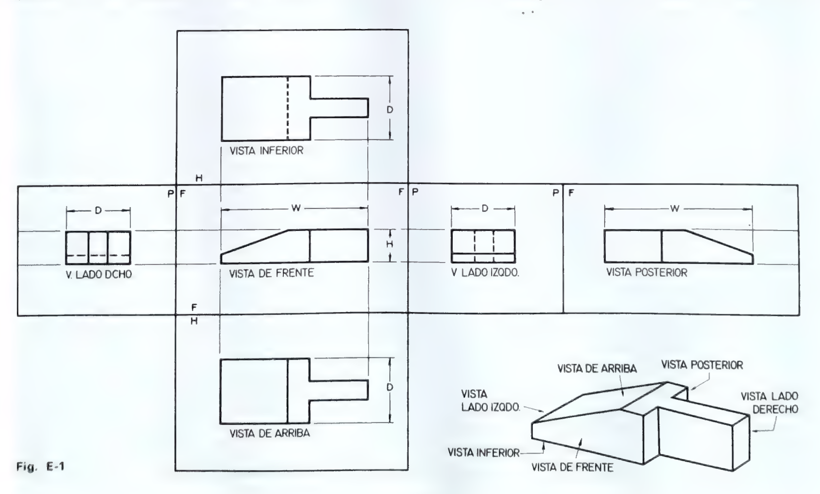
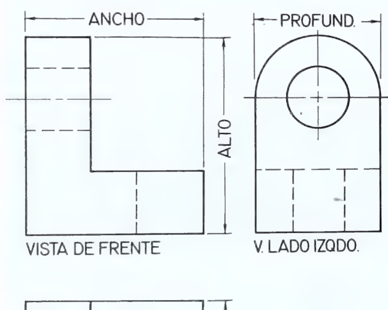


Fig. E-1

sobre la de frente, la vista de lado derecho a la izquierda de la de frente, la vista de lado izquierdo a la derecha de la de frente y la vista posterior a la derecha de la de lado izquierdo.

Lo dicho en el párrafo anterior es también válido para la disposición en tres vistas, teniendo en cuenta que las vistas que se usan en el sistema europeo son las de frente, arriba y lado izquierdo, colocadas como se muestra en la fig. E-2, donde aparecen las tres vistas



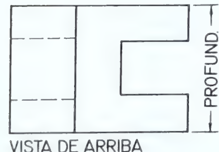


Fig. E-2

normalizadas de la pieza de la fig. 5-32, en el sistema europeo.

Cuando por alguna razón se deba alterar el orden normalizado de las vistas, como puede suceder por falta de espacio o porque una vista es más representativa del objeto que otra, se indicará la dirección de la visual con una letra mayúscula y una flecha, y sobre la representación respectiva se hará una anotación como, por ejemplo: «Vista X», como se ha hecho en la fig. E-3, que muestra una disposición anormal más representativa del objeto de la fig. 5-32.

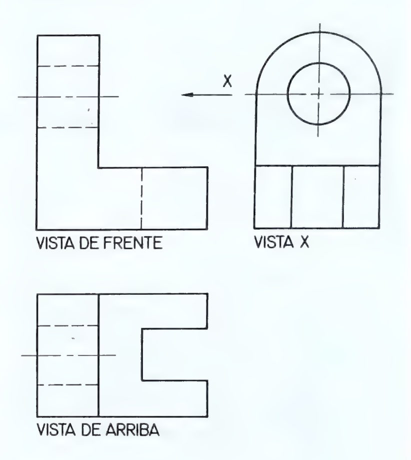


Fig. E-3

De todo lo anteriormente expuesto se puede deducir que la diferencia entre los sistemas radica en que, mientras en el sistema norteamericano la disposición de las vistas corresponde al desarrollo o desenvolvimiento de una caja transparente, en el sistema europeo se ha tomado una disposición opuesta.

Para hacer dibujos en el sistema ISO (E) puede tomarse como regla general el construir las vistas con las instrucciones dadas en las secciones 5-15 a 5-40, que corresponden al sistema norteamericano, y luego cambiar el orden, colocando las vistas en la misma posición, pero en el lugar opuesto al de tal sistema. Como ejemplo de esto se dan en la fig. E-4 las disposiciones en el sistema europeo de varias piezas y vistas. En la fig. E-4 se observa que la colocación de la sección de la pieza de la fig. 5-64 es tal que, mientras en el sistema norteamericano estaba bajo la vista de

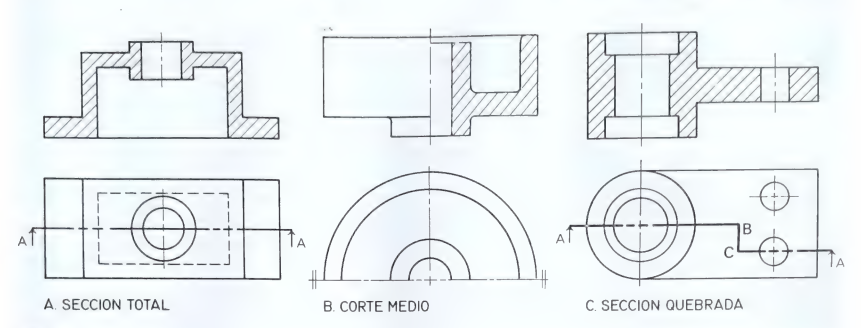


Fig. E-4

arriba, en el sistema europeo está sobre la misma. En la fig. E-4B se observa la colocación de la sección de la pieza en corte medio de la fig. 5-72. En la fig. E-4C se observa la colocación de la sección quebrada de la pieza de la fig. 5-80.

La inversión en la disposición de las vistas en el sistema europeo también se usa en el caso de vistas auxiliares simples y secundarias. En la fig. E-5 se muestra la disposición en el sistema europeo de las vistas auxiliar simple y auxiliar secundaria del objeto de la fig. 5-63, donde sólo se ha cambiado la posición relativa de las mismas. Algunas veces es imposible colocar las vistas en la posición normalizada porque se translaparían dos vistas; en este caso debe usarse la disposición anormal, como se muestra en la fig. E-6, que corresponde a la vista auxiliar simple del objeto de la fig. 5-60A y B.

Debido a la existencia de los dos sistemas

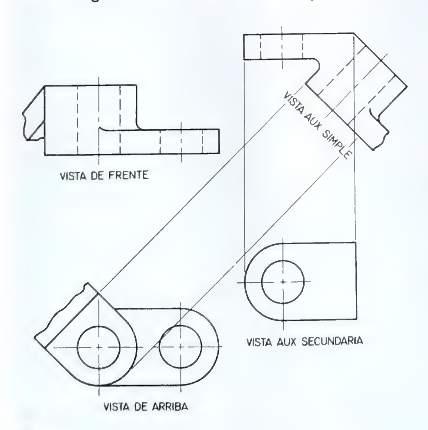




Fig. E-5

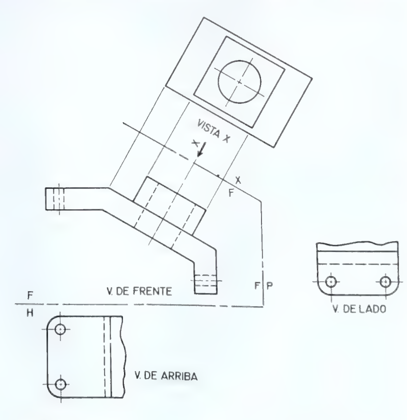
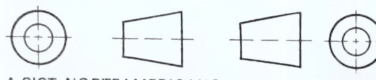


Fig. E-6

de representación de objetos en vistas múltiples, debe especificarse en el plano en qué sistema se ha trabajado, mediante los símbolos que aparecen en la fig. E-7, los cuales se co-



A. SIST. NORTEAMERICANO ISO (A) B. SIST. EUROPEO ISO (E)

Fig. E-7

locan en la parte inferior del plano. El símbolo de la parte A se usa para indicar el uso del sistema norteamericano, ISO (A); el de la parte B, el del sistema europeo, ISO (E).

TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE AJUSTE

La mayoría de los países europeos e hispanoamericanos en los cuales se emplea el sistema métrico han incorporado como norma nacional la recomendación de la Norma ISO R 286 de 1962, que comprende dos aspectos: un sistema normalizado de tolerancias y un sistema normalizado de ajustes.

Sistema normalizado de tolerancias

En el sistema ISO, las tolerancias se aplican a medidas lineales como son: longitudes, diámetros, anchuras o alturas. En lo correspondiente a ajustes normalizados, se considera lo referente a medidas de piezas para ajustes cilíndricos o planos.

Con el fin de lograr una uniformidad de criterio en cuanto a la precisión en la fabricación de piezas, la ISO ha establecido 20 grados de elaboración para cada medida nominal. Estos se denominan calidades o grados de tolerancia IT, definido cada uno de ellos por la amplitud de la tolerancia que se asigna en cada calidad a dicha medida nominal.

TABLA E-I. AMPLITUD DE LAS TOLERANCIAS EN μm SEGUN CALIDAD

MEDIDAS NOMINALES mm	CALIDADES DE TOLERANCIA IT																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 hasta 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	—	—
> 3 hasta 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	—	—
> 6 hasta 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1 500	—
> 10 hasta 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1 100	1 800	2 700
> 18 hasta 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1 300	2 100	3 300
> 30 hasta 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1 000	1 600	2 500	3 900
> 50 hasta 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1 200	1 900	3 000	4 600
> 80 hasta 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1 400	2 200	3 500	5 400
> 120 hasta 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1 000	1 600	2 500	4 000	6 300
> 180 hasta 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1 150	1 850	2 900	4 600	7 200
> 250 hasta 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1 300	2 100	3 200	5 200	8 100
> 315 hasta 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1 400	2 300	3 600	5 700	8 900
> 400 hasta 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1 550	2 500	4 000	6 300	9 700

Para evitar el tener que calcular los grados de tolerancia para cada dimensión posible, el sistema ISO divide las medidas nominales comprendidas de 1 a 500 mm en 13 grupos, intervalos o zonas principales, de modo que toda medida nominal cuya dimensión esté comprendida entre los valores citados estará incluida en uno de estos 13 grupos de medidas.

De este modo, para cada uno de estos grupos o intervalos de medidas se asignan veinte calidades distintas de precisión, que se designan en este sistema por las letras IT seguidas de una o dos cifras, que forman una sucesión de calidades: IT 01, IT 0, IT 1, IT 2, ..., hasta IT 18, siendo en cada caso IT 01 la más precisa e IT 18 la más gruesa. A toda medida nominal que quede comprendida en uno de los intervalos le corresponderán las mismas calidades de tolerancia que le corresponden al intervalo o grupo en el cual está incluida.

En la Tabla E-I se indica, para cada grupo de dimensiones nominales y para cada calidad de tolerancia, la amplitud de la tolerancia asignada, expresando su valor en micrómetros (μm).

Sin entrar a profundizar, se puede decir que los valores de las amplitudes de las tolerancias que figuran en la Tabla E-I entre las calidades 5 y 16 se han derivado como múltiplos de la

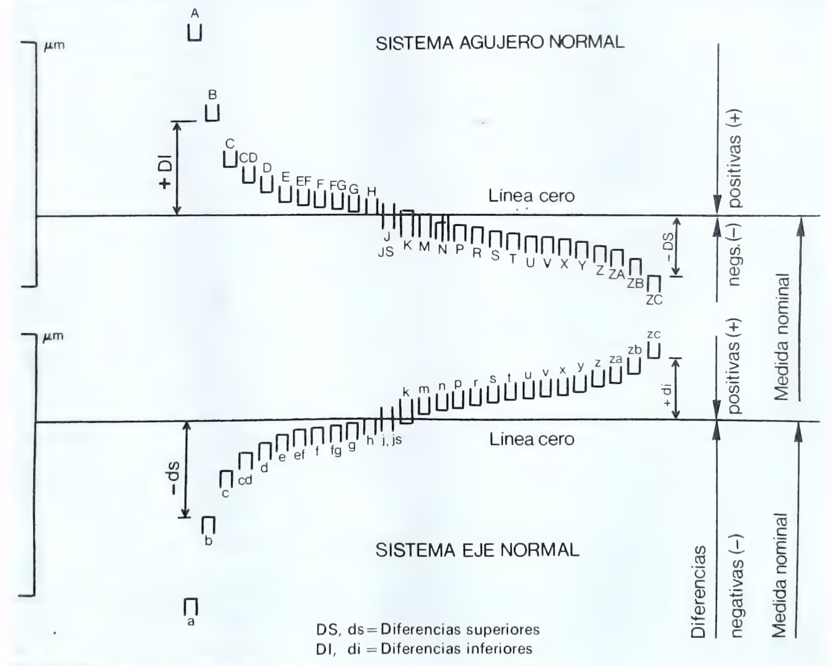


Fig. E-8. Posiciones de tolerancia normalizadas

unidad de tolerancia i, dada por la siguiente relación:

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D \quad (\mu m).$$

i se obtiene en micrómetros y D, que es igual a la media geométrica de los valores límites de cada grupo de medidas nominales, debe expresarse en mm.

Las otras calidades siguen distintas reglas de formación que no serán indicadas aquí.

En el sistema normalizado de tolerancias ISO se han previsto 27 posiciones de tolerancia posibles, como se puede observar en la figura E-8, en la cual aparecen dos juegos de posiciones: uno denominado agujero normal y el otro, eje normal. El hecho de que existan dos juegos de posiciones de tolerancia tiene que ver con el sistema normalizado de ajustes.

Por convención, en ambos casos, las diferencias que están por encima de la línea cero se consideran positivas y las que quedan por debajo, negativas. El espaciamiento en sentido horizontal de las posiciones de tolerancia en el esquema no tiene ningún significado especial.

Cada una de las posiciones de tolerancia está definida por el valor de la diferencia o desviación más cercana a la línea cero, que viene a representar la medida nominal, y puede corresponder a una diferencia superior o inferior, según sea el caso, pudiendo tener un valor positivo, nulo o negativo.

Estas diferencias o desviaciones, llamadas también discrepancias, que fijan la posición de la tolerancia, se conocen como desviaciones fundamentales o de referencia.

Sea en el caso del agujero normal o del eje normal, los valores de las diferencias fundamentales se obtienen a partir de la dimensión nominal de la pieza y de la calidad de tolerancia en las Tablas E-II, E-III, E-IV, E-V y E-VI; se debe tomar nota del signo algebraico que en cada caso se ha de utilizar, de acuerdo con las notas que figuran en dichas tablas.

El valor de la diferencia restante se obtiene de la diferencia fundamental, agregándole o restándole, según sea el caso, el valor de la tolerancia que corresponde al IT que se ha escogido.

Se tiene las siguientes fórmulas:

Para ejes

ds = di + IT
di = ds — IT
IT = ds — di

Para agujeros

DS = DI + IT
DI = DS — IT
IT = DS — DI

en las cuales

DS, ds son las diferencias superiores;
DI, di son las diferencias inferiores;
IT es la magnitud de la tolerancia empleada.

Como ilustración, en la Tabla E-VII para una misma dimensión nominal de 50 mm, se ha asignado una tolerancia correspondiente a la calidad IT 14, que, según la Tabla E-I, es de 0,620 mm. La columna (b) indica la medida nominal tolerada basada en las diferencias superior e inferior. La columna (c) enseña que la tolerancia es siempre la misma; en cambio, las columnas (d) y (e) muestran que las medidas límites máximas y mínimas son diferentes de un caso a otro. Esto sucede debido a que la tolerancia tiene una posición relativa distinta en cada ejemplo. La columna (f) proporciona la acotación normalizada.

Una dimensión tolerada deberá contar con los siguientes datos:

el valor de la dimensión nominal;
una o dos letras, mayúsculas o minúsculas, que indiquen la posición de la tolerancia con respecto a la dimensión nominal;
uno o dos dígitos que indiquen la calidad de tolerancia IT.

Para el caso 1): 50 B 14 se tiene:

De la Tabla E-I, con IT 14 para N = 50 mm, tenemos	IT = 0,620 mm
De la Tabla E-II, para posición B, se obtiene	DI = 0,180 mm
Por lo tanto:	DS = 0,800 mm

Sistema normalizado de ajustes

La ISO presenta, para países que emplean el sistema métrico, dos sistemas de ajustes análogos enseñados en el capítulo 18:

Sistema de ajustes base eje normal.
Sistema de ajustes base agujero normal.

TABLA E-II. DIFERENCIAS INFERIORES DI PARA AGUJEROS: A-JS
DIFERENCIAS SUPERIORES ds PARA EJES: a-js

	VALORES ABSOLUTOS DE LAS DESVIACIONES FUNDAMENTALES en μm											
Posiciones agujero normal	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J_S
Posiciones eje normal	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	J_S
MEDIDAS NOMINALES mm	CALIDADES DE TOLERANCIA											
	TODAS											
1 hasta 3	270	140	60	34	20	14	10	6	4	2	0	Desviación límite = $\pm \frac{IT}{2}$
> 3 hasta 6	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0	
> 6 hasta 10	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	
> 10 hasta 14 > 14 hasta 18	290	150	95		50	32		16		6	0	
> 18 hasta 24 > 24 hasta 30	300	160	110		65	40		20		7	0	
> 30 hasta 40 > 40 hasta 50	310 320	170 180	120 130		80	50		25		9	0	
> 50 hasta 65 > 65 hasta 80	340 360	190 200	140 150		100	60		30		10	0	
> 80 hasta 100 > 100 hasta 120	380 410	220 240	170 180		120	72		36		12	0	
> 120 hasta 140 > 140 hasta 160 > 160 hasta 180	460 520 580	260 280 310	200 210 230		145	85		43		14	0	
> 180 hasta 200 > 200 hasta 225 > 225 hasta 250	660 740 820	340 380 420	240 260 280		170	100		50		15	0	
> 250 hasta 280 > 280 hasta 315	920 1 050	480 540	300 330		190	110		56		17	0	
> 315 hasta 355 > 355 hasta 400	1 200 1 350	600 680	360 400		210	125		62		18	0	
> 400 hasta 450 > 450 hasta 500	1 500 1 650	760 840	440 480		230	135		68		20	0	

NOTAS:

1. Las desviaciones inferiores para agujeros DI deben tomarse de esta tabla con signo positivo (+); p. ej.: a un diámetro nominal de 8 mm en posición D le corresponde una DI = +40 μm = +0,040 mm.
2. Las desviaciones superiores para ejes ds deben tomarse de esta tabla con signo negativo (—); p. ej.: a una medida nominal de 35 mm en posición e le corresponde una ds = −50 μm = —0,050 mm.

TABLA E-III. DIFERENCIAS INFERIORES di PARA EJES: j, k, m, n

	VALORES DE LAS DESVIACIONES FUNDAMENTALES en µm						
Posiciones eje normal	j			k		m	n
MEDIDAS NOMINALES mm	CALIDADES DE TOLERANCIA IT						
	5 a 6	7	8	4 a 7	≤ 3, > 7	Todas	Todas
1 hasta 3		−4	−6	0	0	+2	+4
> 3 hasta 6	−2				0	+4	+8
> 6 hasta 10		−5		+1	0	+6	+10
> 10 hasta 14 > 14 hasta 18	−3	−6			0	+7	+12
> 18 hasta 24 > 24 hasta 30	−4	−8			0	+8	+15
> 30 hasta 40 > 40 hasta 50	−5	−10		+2	0	+9	+17
> 50 hasta 65 > 65 hasta 80	−7	−12			0	+11	+20
> 80 hasta 100 > 100 hasta 120	−9	−15			0	+13	+23
> 120 hasta 140 > 140 hasta 160 > 160 hasta 180	−11	−18		+3	0	+15	+27
> 180 hasta 200 > 200 hasta 225 > 225 hasta 250	−13	−21			0	+17	+31
> 250 hasta 280 > 280 hasta 315	−16	−26		+4	0	+20	+34
> 315 hasta 355 > 355 hasta 400	−18	−28			0	+21	+37
> 400 hasta 450 > 450 hasta 500	−20	−32		+5	0	+23	+40

NOTA:

Las desviaciones inferiores para ejes di deben tomarse con el signo algebraico que se indica en la tabla

Ejemplo 1: A una dimensión nominal de 45 mm en posición j con calidad IT 6 le corresponde di = −5 µm = −0,005 mm

Ejemplo 2: A una dimensión nominal de 70 mm en posición m con calidad IT 10 le corresponde di = +11 µm = +0,011 mm

TABLA E-IV. DIFERENCIAS SUPERIORES DS PARA AGUJEROS: J, K, M, N

	VALORES DE LAS DESVIACIONES FUNDAMENTALES en µm								
Posiciones agujero normal	J			K		M		N	
MEDIDAS NOMINALES mm	CALIDADES DE TOLERANCIA IT								
	6	7	8	⩽8	>8	⩽8	>8	⩽8	>8
1 hasta 3	+2	+4	+6	0	0	−2	−2	−4	−4
> 3 hasta 6	+5	+6	+10			−4+Δ	−4	−8+Δ	0
> 6 hasta 10	+5	+8	+12	−1+Δ		−6+Δ	−6	−10+Δ	0
> 10 hasta 14 > 14 hasta 18	+6	+10	+15			−7+Δ	−7	−12+Δ	0
> 18 hasta 24 > 24 hasta 30	+8	+12	+20			−8+Δ	−8	−15+Δ	0
> 30 hasta 40 > 40 hasta 50	+10	+14	+24	−2+Δ		−9+Δ	−9	−17+Δ	0
> 50 hasta 65 > 65 hasta 80	+13	+18	+28			−11+Δ	−11	−20+Δ	0
> 80 hasta 100 > 100 hasta 120	+16	+22	+34			−13+Δ	−13	−23+Δ	0
> 120 hasta 140 > 140 hasta 160 > 160 hasta 180	+18	+26	+41	−3+Δ		−15+Δ	−15	−27+Δ	0
> 180 hasta 200 > 200 hasta 225 > 225 hasta 250	+22	+30	+47			−17+Δ	−17	−31+Δ	0
> 250 hasta 280 > 280 hasta 315	+25	+36	+55	−4+Δ		−20+Δ	−20	−34+Δ	0
> 315 hasta 355 > 355 hasta 400	+29	+39	+60			−21+Δ	−21	−37+Δ	0
> 400 hasta 450 > 450 hasta 500	+33	+43	+66	−5+Δ		−23+Δ	−23	−40+Δ	0

NOTAS

1. Los valores del incremento Δ se obtienen en cada caso de la tabla VI, de acuerdo con la medida nominal y la calidad IT.
2. Las desviaciones superiores para agujeros DS deben tomarse con el signo algebraico que se indica en la tabla.

   Ejemplo 1: A una dimensión nominal de 290 mm en posición J con calidad IT 8 le corresponde una DS = +55 µm = +0,055 mm.

   Ejemplo 2: A una dimensión nominal de 130 mm en posición M con calidad IT 9 le corresponde DS = −15 µm = −0,015 mm.

   Ejemplo 3: A una dimensión nominal de 60 mm en posición N con calidad IT 7 le corresponde DS = (−20+Δ) µm.

   De la tabla = − 20 µm
   Δ de tabla VI = + 11 µm
   DS = − 9 µm = −0,009 mm

TABLA E-V. DIFERENCIAS SUPERIORES DS PARA AGUJEROS: P-ZC
DIFERENCIAS INFERIORES di PARA EJES: p-zc

	VALORES ABSOLUTOS DE LAS DESVIACIONES FUNDAMENTALES en µm											
Posiciones agujero normal	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
Posiciones eje normal	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
MEDIDAS NOMINALES mm	CALIDADES DE TOLERANCIA IT Para ejes: todas las calidades. Para agujeros: calidades > 7											
1 hasta 3	6	10	14		18		20		26	32	40	60
> 3 hasta 6	12	15	19		23		28		35	42	50	80
> 6 hasta 10	15	19	23		28		34		42	52	67	97
> 10 hasta 14	18	23	28		33		40		50	64	90	130
> 14 hasta 18						39	45		60	77	108	150
> 18 hasta 24	22	28	35		41	47	54	63	73	98	136	188
> 24 hasta 30				41	48	55	64	75	88	118	160	218
> 30 hasta 40	26	34	43	48	60	68	80	94	112	148	200	274
> 40 hasta 50				54	70	81	97	114	136	180	242	325
> 50 hasta 65	32	41	53	66	87	102	122	144	172	226	300	405
> 65 hasta 80		43	59	75	102	120	146	174	210	274	360	480
> 80 hasta 100	37	51	71	91	124	146	178	214	258	335	445	585
> 100 hasta 120		54	79	104	144	172	210	254	310	400	525	690
> 120 hasta 140	43	63	92	122	170	202	248	300	365	470	620	800
> 140 hasta 160		65	100	134	190	228	280	340	415	535	700	900
> 160 hasta 180		68	108	146	210	252	310	380	465	600	780	1 000
> 180 hasta 200	50	77	122	166	236	284	350	425	520	670	880	1 150
> 200 hasta 225		80	130	180	258	310	385	470	575	740	960	1 250
> 225 hasta 250		84	140	196	284	340	425	520	640	820	1 050	1 350
> 250 hasta 280	56	94	158	218	315	385	475	580	710	920	1 200	1 550
> 280 hasta 315		98	170	240	350	425	525	650	790	1 000	1 300	1 700
> 315 hasta 355	62	108	190	268	390	475	590	730	900	1 150	1 500	1 900
> 355 hasta 400		114	208	294	435	530	660	820	1 000	1 300	1 650	2 100
> 400 hasta 450	68	126	232	330	490	595	740	920	1 100	1 450	1 850	2 400
> 450 hasta 500		132	252	360	540	660	820	1 000	1 250	1 600	2 100	2 600

NOTAS:

1. Las desviaciones inferiores para ejes di deben tomarse de esta tabla con signo positivo (+); p. ej.: a una medida nominal de 70 mm en posición za le corresponde una di = 274 µm = +0,274 mm.
2. Las desviaciones superiores para agujeros DS deben tomarse de esta tabla con signo negativo (−); p. ej.: a una medida nominal de 160 mm y con una calidad IT 9 (>7) le corresponde una DS = −134 µm = −0,134 mm en la posición T.
3. Para las posiciones «agujero normal» de P hasta ZC de calidades inferiores o iguales a IT 7 se calcula la desviación superior, DS, como se indica en 2, y a este valor se agrega el valor Δ que se obtiene de la tabla VI según la calidad IT

TABLA E-VI. INCREMENTO Δ EN μm

<table>
<tr><th rowspan="2">MEDIDAS NOMINALES mm</th><th colspan="6">CALIDADES DE TOLERANCIA IT</th></tr>
<tr><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th></tr>
<tr><td>De 1 hasta 3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>> 3 hasta 6</td><td rowspan="3">1</td><td rowspan="2">1,5</td><td>1</td><td rowspan="3">3</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td>> 6 hasta 10</td><td>2</td><td>6</td><td>7</td></tr>
<tr><td>> 10 hasta 18</td><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">3</td><td>7</td><td>9</td></tr>
<tr><td>> 18 hasta 30</td><td rowspan="2">1,5</td><td>4</td><td>8</td><td>12</td></tr>
<tr><td>> 30 hasta 50</td><td rowspan="2">3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td>14</td></tr>
<tr><td>> 50 hasta 80</td><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">5</td><td>6</td><td>11</td><td>16</td></tr>
<tr><td>> 80 hasta 120</td><td rowspan="4">4</td><td rowspan="2">7</td><td>13</td><td>19</td></tr>
<tr><td>> 120 hasta 180</td><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">6</td><td>15</td><td>23</td></tr>
<tr><td>> 180 hasta 250</td><td rowspan="2">9</td><td>17</td><td>26</td></tr>
<tr><td>> 250 hasta 315</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="3">7</td><td>20</td><td>29</td></tr>
<tr><td>> 315 hasta 400</td><td rowspan="2">5</td><td>11</td><td>21</td><td>32</td></tr>
<tr><td>> 400 hasta 500</td><td>5</td><td>13</td><td>23</td><td>34</td></tr>
</table>

TABLA E-VII. ESTUDIO DE LAS MEDIDAS LIMITES PARA UNA MISMA TOLERANCIA UBICADA EN DIFERENTE POSICION (DIMENSIONES, DIFERENCIAS Y TOLERANCIA EN mm)

MEDIDA NOMINAL (a)	MEDIDA TOLERADA (b)	DETERMINACION DE LA TOLERANCIA T=DS−DI (c)	MEDIDA MAXIMA (d)	MEDIDA MINIMA (e)	ACOTACION NORMALIZADA (f)
50	+0,800 50 +0,180	0,800−0,180 =0,620	50,800	50,180	50 B 14
50	+0,620 50 0	0,620−0 =0,620	50,620	50	50 H 14
50	+0,310 50 −0,310	0,310−(−0,310)=0,620	50,310	49,690	50 JS 14 o 50 js 14
50	0 50 −0,620	0 −(−0,620)=0,620	50	49,380	50 h 14
50	−0,080 50 −0,700	0,080−(−0,700)=0,620	49,300	49,920	50 d 14

En ambos sistemas de ajustes la dimensión nominal es común a ambas piezas y es el punto de partida para indicar la diferencia que debe existir entre las medidas de éstas y dicha medida común, con el fin de obtener un ajuste móvil, fijo o indeterminado, según se desee.

Ajustes móviles:

Con ejes a hasta h con agujero H.
Agujeros A hasta H con eje h.

Ajustes fijos:

Con ejes p hasta zc con agujero H.
Agujeros P hasta ZC con eje h.

Ajustes indeterminados:

Con ejes j, k, m y n con agujero H.
Agujeros J, K, M y N con eje h.

La ISO proporciona una tabulación de ajustes recomendados en cada uno de estos casos, los cuales son el producto de años de experiencia ingenieril.

Un ajuste queda determinado por los siguientes elementos:

La medida nominal común a ambas piezas.
La posición y calidad de tolerancia de cada una.

Para la acotación de un ajuste se indica primero la medida nominal, seguida por la posición y tolerancia del agujero y a seguido la posición y tolerancia del eje, separadas ambas por una raya vertical o un guión, o bien en forma de fracción:

$$50\ G7/h6;\quad 50\ G7\text{-}h6;\quad 50\frac{G7}{h6}$$

La fig. E-9A muestra la acotación tolerada de una pieza suelta. Las figs. E-9B y E-9C muestran un eje acotado con tolerancia en forma normalizada y por diferencias, respectivamente.

La fig. E-10A muestra un ajuste acotado en forma normalizada y también en forma de diferencias. El símbolo ϕ (fi) que aparece en estas figuras corresponde a la palabra diámetro

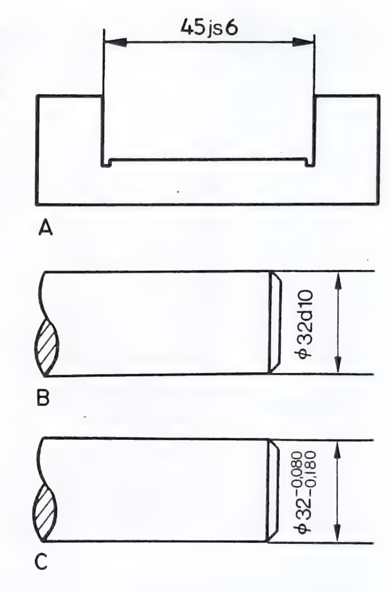


Fig. E-9

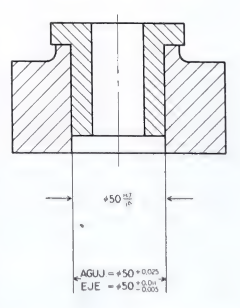


Fig. E-10A

y se emplea en la acotación de cuerpos cilíndricos para indicar la forma circular cuando ésta no se puede ver en la vista en la que se encuentra la cota del diámetro.

En la fig. E-10B, que corresponde a la figura 18-19 del texto, se han indicado las cotas empleando el símbolo ϕ que es, por tanto, equivalente a la contracción DIA que se usa en el sistema ASA para los mismos fines.

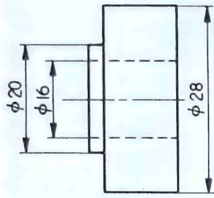


Fig. E-10B

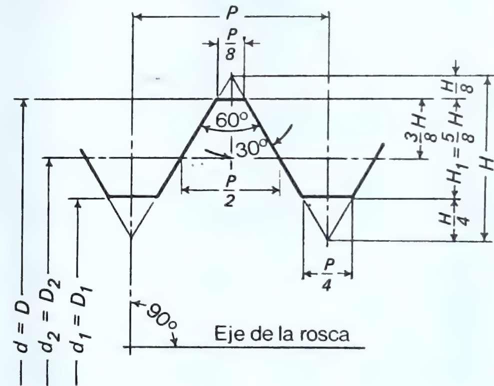
ROSCAS

A título de referencia, se han incluido en forma tabular detalles de las siguientes roscas:

Rosca ISO métrica

En la actualidad, diversos países europeos e hispanoamericanos han adoptado para las roscas métricas de sujeción el perfil indicado en la Recomendación de Norma ISO R 68 de 1969. En especial, este nuevo perfil ha sido

Fig. E-11. ROSCA METRICA ISO PERFIL BASE Y RELACIONES FUNDAMENTALES ENTRE LA ALTURA *H* DEL TRIANGULO GENERATRIZ Y EL PASO *P*



D = Diámetro rosca interior } Diámetro nominal
d = Diámetro rosca exterior } de la rosca
D_5 > Diámetro interior, rosca interior
d_5 = Diámetro interior, rosca exterior
D_2 = Diámetro efectivo, rosca interior
d_2 = Diámetro efectivo, rosca exterior
H = Altura del triángulo básico
H_5 = Recubrimiento de los flancos
P = Paso

$$H = \frac{\sqrt{3}}{2}P = 0{,}866\,025\,404\,P$$

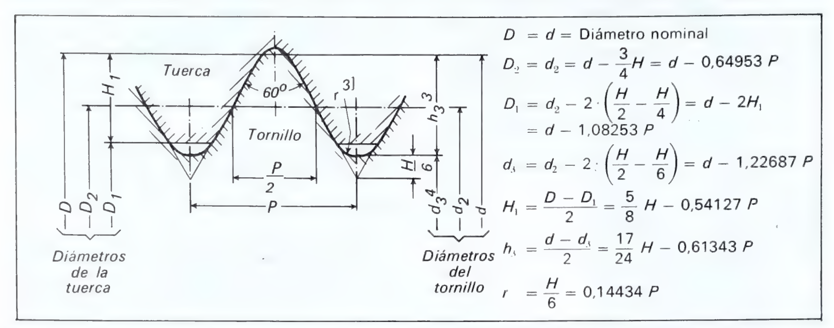
$$\frac{5}{8}H = 0{,}541\,265\,877\,P$$

$$\frac{3}{8}H = 0{,}324\,759\,526\,P$$

$$\frac{H}{4} = 0{,}216\,506\,351\,P$$

$$\frac{H}{8} = 0{,}108\,253\,175\,P$$

Fig. E-12. ROSCA METRICA ISO. PERFIL DE DESVIACION CERO Y RELACIONES ENTRE SUS DISTINTOS ELEMENTOS.



NOTAS:

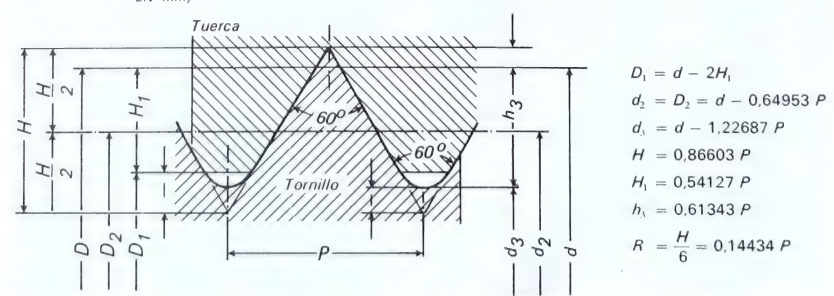
1. El redondeado r de la base de la rosca y la profundidad de rosca h_3 del tornillo han sido completados con respecto de la Recomendación ISO R 68, en la cual se ha fijado un aplanamiento máximo de $H/6$, sin que se especifique su forma.
2. El diámetro en el núcleo d_3 del tornillo resulta para un redondeado de $H/6$. Se escogió para este diámetro d_3 y no d_1 porque, por recomendación de ISO R 68, este último símbolo está reservado para el diámetro teórico, junto con $d_1 = D_1$.

adoptado por la DNA (Comité de Normas de la República Federal Alemana) e incorporado a las normas DIN, sustituyendo a los perfiles métricos anteriores, con los cuales no es compatible.

El perfil de rosca métrica ISO se genera a partir de un triángulo equilátero fundamental. El perfil de base, la nomenclatura empleada y las relaciones fundamentales entre la altura H del triángulo y el paso P de rosca están indicados en la fig. E-11.

A partir del perfil base se obtienen los diversos perfiles que sirven para definir dimensiones nominales en diversas posiciones de tolerancia. La fig. E-12 muestra el perfil métrico ISO de desviación nula, junto con las relaciones fundamentales que en esta situación existen entre sus diversos elementos.

TABLA E-VIII. ROSCA METRICA ISO DE PASO GRUESO PARA DIAMETROS DE 1 A 68 mm (MEDIDAS NOMINALES EN mm)



(Continuación de la Tabla E-VIII.)

Diámetro nominal D = d			Paso	Diámetros menores		Diámetro efectivo	Profundidad de la rosca		Redondeado
1.ª serie	2.ª serie	3.ª serie		del tornillo	de la tuerca		en el tornillo	de la tuerca	
			P	d_3	D_1	$d_2 = D_2$	h_3	H_1	R
1			0,25	0,693	0,729	0,838	0,153	0,135	0,036
	1,1		0,25	0,793	0,829	0,938	0,153	0,135	0,036
1,2			0,25	0,893	0,929	1,038	0,153	0,135	0,036
	1,4		0,3	1,032	1,075	1,205	0,184	0,162	0,043
1,6			0,35	1,170	1,221	1,373	0,215	0,189	0,051
	1,8		0,35	1,370	1,421	1,573	0,215	0,189	0,051
2			0,4	1,509	1,567	1,740	0,245	0,217	0,058
	2,2		0,45	1,648	1,713	1,908	0,276	0,244	0,065
2,5			0,45	1,948	2,013	2,208	0,276	0,244	0,065
3			0,5	2,387	2,459	2,675	0,307	0,271	0,072
	3,5		0,6	2,764	2,850	3,110	0,368	0,325	0,087
4			0,7	3,141	3,242	3,545	0,429	0,379	0,101
5	4,5		0,75	3,580	3,688	4,013	0,460	0,406	0,108
			0,8	4,019	4,134	4,480	0,491	0,433	0,115
6			1	4,773	4,917	5,350	0,613	0,541	0,144
		7	1	5,773	5,917	6,350	0,613	0,541	0,144
8			1,25	6,466	6,647	7,188	0,767	0,677	0,180
		9	1,25	7,466	7,647	8,183	0,767	0,677	0,180
10			1,5	8,160	8,376	9,026	0,920	0,812	0,217
		11	1,5	9,160	9,376	10,026	0,920	0,812	0,217
12			1,75	9,853	10,106	10,863	1,074	0,947	0,253
	14		2	11,546	11,835	12,701	1,227	1,083	0,289
16			2	13,546	13,835	14,701	1,227	1,083	0,289
	18		2,5	14,933	15,294	16,376	1,534	1,353	0,361
20			2,5	16,933	17,294	18,376	1,534	1,353	0,361
	22		2,5	18,933	19,294	20,376	1,534	1,353	0,361
24			3	20,319	20,752	22,051	1,840	1,624	0,433
	27		3	23,319	23,752	25,051	1,840	1,624	0,433
30			1,5	25,706	26,211	27,272	2,147	1,894	0,505
	33		3,5	28,706	29,211	30,272	2,147	1,894	0,505
36			4	31,093	31,670	33,402	2,454	2,165	0,577
	39		4	34,093	34.670	36,402	2,454	2,165	0,577
42			4,5	36,479	37,129	39,077	2,760	2,435	0,650
	45		4,5	39,479	40,129	42,077	2,760	2,436	0,650
48			5	41,866	42,587	44,752	3,067	2,706	0,722
	52		5	45,866	46,587	48,752	3,067	2,706	0,722
56			5,5	49,252	50,046	52,428	3,374	2,977	0,794
	60		5,5	53,252	54,046	56,428	3,374	2,977	0,794
64			6	56,639	57,505	60,103	3,681	3,248	0,866
	68		6	60,639	61,505	64,103	3,681	3,248	0,866

NOTA:

Los diámetros nominales se escogerán en primer lugar de la 1.ª serie. Si éstos no fuesen adecuados se tomaran los de la 2.ª serie. En último lugar, los de la 3.ª serie.

TABLA E-IX. ROSCA ISO METRICA DE PASO FINO

Diámetros nominales de rosca mm	Número series de preferencia	Pasos en mm			Norma DIN correspondiente
De 1 a 50	3	0,2	0,25	0,35	13, hoja 2, marzo 1970
De 3,5 a 90	3	0,5			13, hoja 3, marzo 1970
De 5 a 110	4	0,75			13, hoja 4, abril 1970
De 7,5 a 200	4	1	1,25		13, hoja 5, abril 1970
De 12 a 300	4	1,5			13, hoja 6, sept. 1970
De 17 a 300	4	2			13, hoja 7, sept. 1970
De 28 a 300	4	3			13, hoja 8, sept. 1970
De 40 a 300	4	4			13, hoja 9, sept. 1970
De 70 a 500	4	6			13, hoja 10, sept. 1970
De 130 a 1 000	3	8			13, hoja 11, nov. 1970

En la Tabla E-VIII se indican los valores nominales en mm para la rosca métrica ISO de paso grueso, para diámetros nominales de 1 a 68 mm, que ha sido incorporada como norma DIN 13, hoja 1, a partir de marzo de 1973.

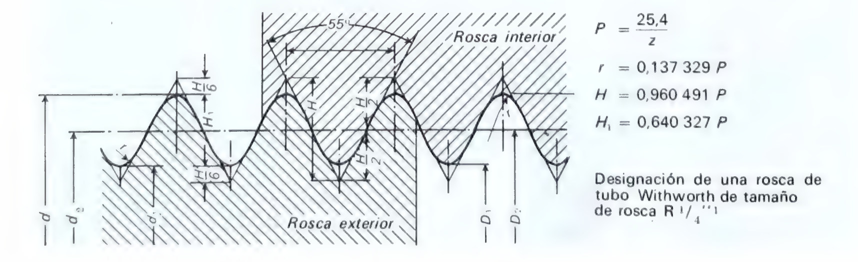
En la Tabla E-IX aparece un resumen de las roscas métricas ISO de paso fino que han sido aceptadas en las normas DIN.

Roscas Whitworth

En la Tabla E-X se indican las medidas nominales en mm de la rosca Whitworth para tubos o cañerías de rosca interior y exterior cilíndrica. Esta rosca tiene amplio uso para uniones roscadas sin junta propia entre tubos y sus partes de unión. Esta rosca concuerda con la recomendación de Norma ISO R 228 de 1961.

En la Tabla E-XI se indican las medidas nominales en mm de la rosca Whitworth para tubos de rosca interior cilíndrica y rosca exterior cónica. Esta rosca se emplea en las uniones de rosca interiores cilíndricas de válvulas, accesorios, bridas roscadas y otros, con roscas exteriores cónicas sobre tubos. Está de acuerdo con la recomendación de la Norma ISO R 7 de 1955.

TABLA E-X. ROSCA WHITWORTH PARA TUBOS DE ROSCA INTERIOR Y EXTERIOR CILINDRICAS (MEDIDAS NOMINALES EN mm)



(Continuación de la Tabla E-10.)

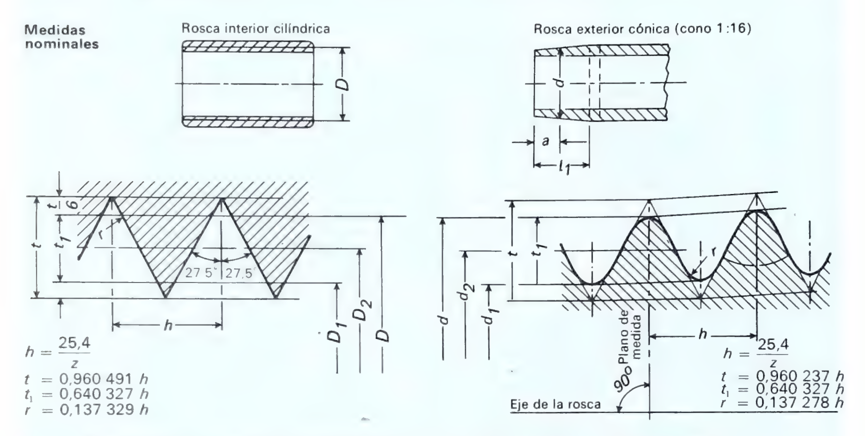
Tamaño de rosca[2] Pulgadas	MEDIDAS DE LA ROSCA Diámetro exterior $d = D$	Diámetro en los flancos $d_2 = D_2$	Diámetro del núcleo $d_1 = D_1$	Paso P	Número de hilos por pulgada z	Profundidad de rosca H_1	Redondeado r ≈
R $^1/_8$	9,728	9,147	8,566	0,907	28	0,581	0,125
R $^1/_4$	13,157	11,301	11,445	1,337	19	0,856	0,184
R $^3/_8$	16,662	15,806	14,950	1,337	19	0,856	0,184
R $^1/_2$	20,995	19,793	18,631	1,814	14	1,162	0,249
(R $^5/_8$)	22,911	21,749	20,587	1,814	14	1,162	0,249
R $^3/_4$	26,441	25,279	24,117	1,814	14	1,162	0,249
(R $^7/_8$)	30,201	29,039	27,877	1,814	14	1,162	0,249
R 1	33,249	31,770	30,291	2,309	11	1,479	0,317
(R 1$^1/_8$)	37,897	36,418	34,939	2,309	11	1,479	0,317
R 1$^1/_4$	41,910	40,431	38,952	2,309	11	1,479	0,317
(R 1$^3/_8$)	44,323	42,844	41,365	2.309	11	1,479	0,317
R 1$^1/_2$	47,803	46,324	44,845	2,309	11	1,479	0,317
(R 1$^3/_4$)	53,746	52,267	50,788	2,309	11	1,479	0,317
R 2	59,614	58,135	56,656	2,309	11	1,479	0,317
(R 2$^1/_4$)	65,710	64,231	62,752	2,309	11	1,479	0,317
R 2$^1/_2$	75,184	73,705	72,226	2,309	11	1,479	0,317
(R 2$^3/_4$)	81,534	80,055	78,576	2,309	11	1,479	0,317
R 3	87,884	86,405	84,926	2,309	11	1,479	0,317
(R 3$^1/_4$)	93,980	92,501	91,022	2,309	11	1,479	0,317
R 3$^1/_2$	100,330	98,851	97,372	2,309	11	1,479	0,317
(R 3$^3/_4$)	106,680	105,201	103,722	2,309	11	1,479	0,317
R 4	113,030	111,551	110,072	2,309	11	1,479	0,317
(R 4$^1/_2$)	125,730	124,251	122,772	2,309	11	1,479	0,317
R 5	138,430	136,951	135,472	2,309	11	1,479	0,317
(R 5$^1/_2$)	151,130	149,651	148,172	2,309	11	1,479	0,317
R 6	163,830	162,351	160,872	2,309	11	1,479	0,317

Deben evitarse en lo posible las roscas indicadas entre paréntesis; las roscas R 1$^3/_8$", R 3$^1/_4$" y R 3$^3/_4$ no figuran en ISO R 228/1961.

NOTAS:

1. Para rosca interior sin indicación de tolerancia sirve «media». Si se admite tolerancia «basta» se añadirá a la abreviatura la letra correspondiente, g; p. ej.: R $^3/_4$'' g.
2. La designación del tamaño de rosca corresponde a los pasos nominales de los tubos de rosca; p. ej.: según DIN 2440. Para las roscas entre paréntesis no están normalizados los tubos de rosca correspondientes.

TABLA E-XI. ROSCA WHITWORTH PARA TUBOS DE ROSCA INTERIOR CILINDRICA Y ROSCA EXTERIOR CONICA (MEDIDAS EN mm)



Designación de una rosca de tubo Whitworth para un tubo de paso nominal 1/2'' (tamaño de rosca R 1/2''):
Rosca de tubo R 1/2'' DIN 2999

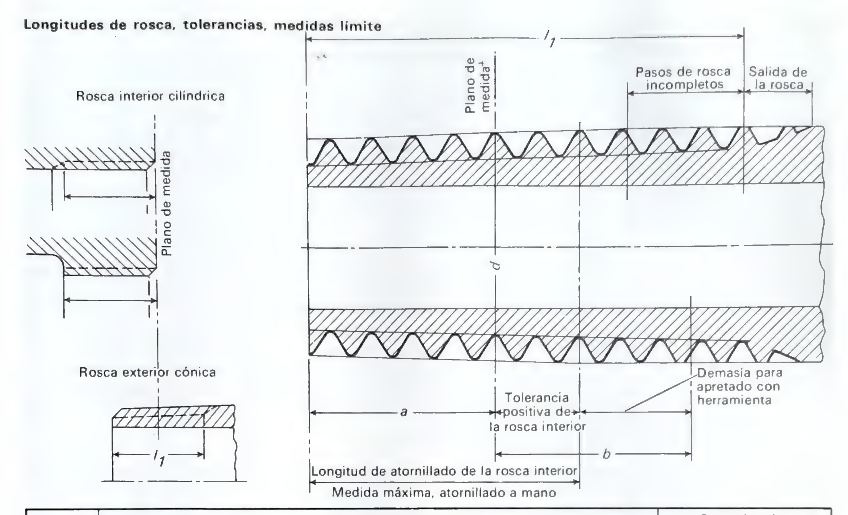
Denominación de la rosca[1]	Diámetro nominal del tubo		Distancia al plano de medida	MEDIDAS DE LA ROSCA							Longitud de rosca útil
				Diámetro exterior	Diámetro en los flancos	Diámetro en el núcleo	Paso	Hilos por pulg.	Prof. de la rosca	Redondeado	
Pulgadas	Pulgs.	mm	d	$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	h	z	t_1	$r \approx$	l_1
R 1/8	1/8	6	4,0	9,728	9,147	8,566	0,907	28	0,581	0,125	6,5
R 1/4	1/4	8	6,0	13,157	12,301	11,445	1,337	19	0,856	0,184	9,7
R 3/8	3/8	10	6,4	16,662	15,806	14,950	1,337	19	0,856	0,184	10,1
R 1/2	1/2	15	8,2	20,955	19,793	18,631	1,814	14	1,162	0,249	13,2
R 3/4	3/4	20	9,5	26,441	25,279	24,117	1,814	14	1,162	0,249	14,5
R 1	1	25	10,4	33,249	31,770	30,291	2,309	11	1,479	0,317	16,8
R 1 1/4	1 1/4	32	12,7	41,910	40,431	38,952	2,309	11	1,479	0,317	19,1
R 1/2	1 1/2	40	12,7	47,803	46,324	44,845	2,309	11	1,479	0,317	19,1
R 2	2	50	15,9	59,614	58,135	56,656	2,309	11	1,479	0,317	23,4
R 2 1/2	2 1/2	65	17,5	75,184	73,705	72,226	2,309	11	1,479	0,317	26,7
R 3	3	80	20,6	87,884	86,405	84,926	2,309	11	1,479	0,317	29,8
R 3 1/2	3 1/2	90	22,2	100,330	98,851	97,372	2,309	11	1,479	0,317	31,4
R 4	4	100	25,4	113,030	111,551	110,072	2,309	11	1,479	0,317	35,8
R 5	5	125	28,6	138,430	136,951	135,472	2,309	11	1,479	0,317	40,1
R 6	6	150	28,6	163,830	162,351	160,872	2,309	11	1,479	0,317	40,1

El perfil de rosca coincide con el perfil según DIN 259.

NOTAS:

1. Para que la rosca interior se pueda diferenciar en relación con la rosca interior cilíndrica según DIN 259, ha de designarse la rosca interior cilíndrica en tolerancias añadiendo «DIN 2999». Igualmente para designar la rosca exterior cónica se añade «DIN 2999»; p. ej.: R 1/2'', DIN 2999. Con esto se concuerda con la recomendación ISO R 7.

Longitudes de rosca, tolerancias, medidas límite



Denominación de la rosca	Rosca exterior										Rosca interior		
	a (Distancia entre el plano de medida y el comienzo de la rosca)					*b* Tolerancia de atornillado		t_1 Longitud de rosca útil[2]			Tolerancia de longitud para posición del plano de medida de la rosca extor.		Tolerancia del diámetro
Pulgadas	Medida nominal	Tolerancia ± ≈	Hilos de rosca	máxima	mínima	≈	Hilos de rosca	para *a* máxima	para *a* nominal	para *a* mínima	≈	Hilos de rosca	±
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R $^{1}/_{8}$	4,0	0,9	1	4,9	3,1	2,5	$2^{3}/_{4}$	7,4	6,5	5,6	1,1	$1^{1}/_{4}$	0,071
R $^{1}/_{4}$	6,0	1,3	1	7,3	4,7	3,7	$2^{3}/_{4}$	11,0	9,7	8,4	1,7	$1^{1}/_{4}$	0,104
R $^{3}/_{8}$	6,4	1,3	1	7,7	5,1	3,7	$2^{3}/_{4}$	11,4	10,1	8,8	1,7	$1^{1}/_{4}$	0,104
R $^{1}/_{2}$	8,2	1,8	1	10,0	6,4	5,0	$2^{3}/_{4}$	15,0	13,2	11,4	2,3	$1^{1}/_{4}$	0,142
R $^{3}/_{4}$	9,5	1,8	1	11,3	7,7	5,0	$2^{3}/_{4}$	16,3	14,5	12,7	2,3	$1^{1}/_{4}$	0,142
R 1	10,4	2,3	1	12,7	8,1	6,4	$2^{3}/_{4}$	19,1	16,8	14,5	2,9	$1^{1}/_{4}$	0,180
R $1^{1}/_{4}$	12,7	2,3	1	15,0	10,4	6,4	$2^{3}/_{4}$	21,4	19,1	16,8	2,9	$1^{1}/_{4}$	0,180
R $1^{1}/_{2}$	12,7	2,3	1	15,0	10,4	6,4	$2^{3}/_{4}$	21,4	19,1	16,8	2,9	$1^{1}/_{4}$	0,180
R 2	15,9	2,3	1	18,2	13,6	7,5	$3^{1}/_{4}$	25,7	23,4	21,1	2,9	$1^{1}/_{4}$	0,180
R $2^{1}/_{2}$	17,5	3,5	$1^{1}/_{2}$	21,0	14,0	9,2	4	30,2	26,7	23,2	3,5	$1^{1}/_{2}$	0,217
R 3	20,6	3,5	$1^{1}/_{2}$	24,1	17,1	9,2	4	33,3	29,8	26,3	3,5	$1^{1}/_{2}$	0,217
R $3^{1}/_{2}$	22,2	3,5	$1^{1}/_{2}$	25,7	18,7	9,2	4	34,9	31,4	27,9	3,5	$1^{1}/_{2}$	0,217
R 4	25,4	3,5	$1^{1}/_{2}$	28,9	21,9	10,4	$4^{1}/_{2}$	39,3	35,8	32,3	3,5	$1^{1}/_{2}$	0,217
R 5	28,6	3,5	$1^{1}/_{2}$	32,1	25,1	11,5	5	43,6	40,1	36,6	3,5	$1^{1}/_{2}$	0,217
R 6	28,6	3,5	$1^{1}/_{2}$	32,1	25,1	11,5	5	43,6	40,1	36,6	3,5	$1^{1}/_{2}$	0,217

2. Una parte con rosca interior ha de permitir atornillar un tubo hasta la longitud de rosca l_1, para máxima de *a* (columna 9).
3. Para salida de rosca libre no debe ser la longitud de rosca útil l_2 de la rosca interior menor que el 80% de l_1 para medida mínima de *a* (columna 11).
4. Las medidas en el plano de medida coinciden con las medidas nominales de la tabla de la izquierda.

TABLA E-XII. SIMBOLOS DE ACABADO SUPERFICIAL (SISTEMA EUROPEO)

SIN DEMASIA PARA MECANIZADO	Sin signo	Acabado superficial, como el obtenido por los mecanizados sin arranque de viruta: forja, laminado, prensado, estirado, corte con soplete, fundición, etc.
	Signo aproximado	Acabado superficial, como el obtenido por los mecanizados sin arranque de viruta ejecutados cuidadosamente.
CON DEMASIA PARA MECANIZADO	Un triángulo	Acabado basto, como el obtenido mediante desbastado con arranque de viruta; las marcas del mecanizado se aprecian a simple vista.
	Dos triángulos	Acabado medio, como el obtenido mediante alisado con arranque de viruta; aún pueden observarse las marcas de mecanizado a simple vista.
	Tres triángulos	Acabado fino, como el obtenido mediante alisado cuidadoso; las marcas de mecanizado no se observan a simple vista.
	Cuatro triángulos	Acabado finísimo, como el obtenido con procesos de superacabado; las marcas de mecanizado no se observan en absoluto a simple vista.

SIMBOLOS DE ACABADO SUPERFICIAL

Los símbolos de acabado superficial son signos que indican en un plano la calidad de la superficie a la cual se refieren, sin tener en cuenta el proceso de mecanizado empleado para obtenerla. Los símbolos que se emplean en el sistema europeo y que carecen de equivalente en el sistema norteamericano se muestran en la Tabla E-XII.

Los mecanizados especiales o tratamientos superficiales se indican con notas escritas sobre una línea de referencia. Cuando primero debe mecanizarse con un signo determinado, la línea de referencia debe acoplarse al signo como se muestra en la fig. E-13A. Si la nota sólo se refiere a un tratamiento superficial sin mecanizado previo, el símbolo deberá ser como el de la fig. E-13B. (Nota: no confundir con el sistema norteamericano donde este signo se utiliza como símbolo de acabado superficial.)

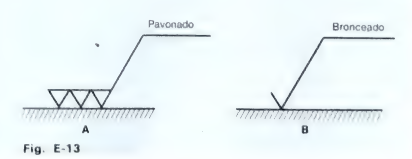


Fig. E-13

SUPERFICIES TECNICAS

El símbolo que se usa para indicar superficies técnicas es similar al del sistema norteamericano en lo que se refiere a la ordenación de las características indicadas; la diferencia radica en las unidades de las dimensiones acotadas. En la fig. E-14 se ve un símbolo típico de una

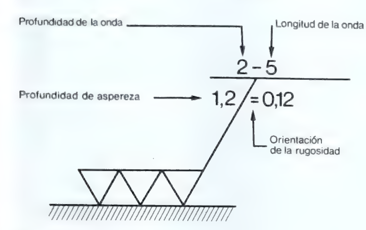


Fig. E-14

superficie técnica; el valor de la profundidad de la aspereza expresado en micrómetro (1 micrómetro = 0,001 mm), deberá indicarse debajo de la línea horizontal; el valor de la profundidad de la onda expresado en micrómetros se indicará encima de la línea horizontal; a continuación de ésta y separada por un guión se colocará la distancia de la onda expresada en milímetros; la orientación de la rugosidad deberá indicarse debajo de la línea horizontal y a la derecha del valor de la profundidad de la aspereza; la distancia de la aspereza expresada en milímetros se colocará al lado del signo de orientación.

Los símbolos de orientación de la rugosidad son iguales en el sistema europeo y en el norteamericano y están consignados en la figura 18-65.

NORMAS DE DIBUJO

PARA DESIGNACION DE ROSCAS

1. La rosca métrica de paso grueso se designa con la letra M seguida del diámetro nominal (exterior del tornillo) expresado en mm, M22, M60.
2. El grado de calidad de una rosca sólo se indica cuando es de calidad ordinaria o fina, mediante la letra *f* o *g;* cuando es de calidad media no se indica; así, M20f, M20, M20g corresponden respectivamente a la designación de una rosca métrica de 20 mm de diámetro de calidad fina, media y ordinaria.
3. La rosca métrica de paso fino se designa indicando su diámetro y paso, prescindiendo de las letras *f* o *g;* por ejemplo, M60 × 5,5, M30 × 2.
4. La rosca Whitworth para cañerías es la rosca normalizada más importante en pulgadas, dentro de las normas europeas del sistema métrico. Esta rosca, para cañerías de roscado interior y exterior cilíndrico se designa con la abreviatura R seguida del diámetro nominal en pulgadas: R $^1/_8$.
5. La rosca trapezoidal se designa con la abreviatura Tr seguida del diámetro nominal y del paso, Tr 50 × 8.
6. La rosca en dientes de sierra se designa con la abreviatura S seguida del diámetro nominal y el paso, S 80 × 16.
7. La rosca redonda se designa con la abreviatura Rd seguida del diámetro nominal (en mm) y el paso en pulgadas (igual a 1/número de filetes por pulgada) expresado como fracción, Rd 30 × 1/8.
8. La rosca cuadrada no está normalizada en el sistema europeo; se recomienda usar los pasos correspondientes a la rosca trapezoidal. La designación se puede hacer con una nota como la siguiente: rosca cuadrada de paso 16 mm.
9. En todos los casos anteriores, y mientras en la nota de roscado no se indique lo contrario, la rosca es derecha y de una entrada.
10. Si la rosca es izquierda, se indica después de la designación convencional mediante la abreviatura izq.; así: M30 × 2 izq., Tr 50 × 8 izq., S 80 × 16 izq. corresponden a designaciones de rosca izquierda.
11. El número de entradas de rosca se coloca después de la abreviatura izq. y entre paréntesis. Además, el paso se debe cambiar por el avance que es la longitud

que recorre el tornillo en una revolución. El avance es igual al paso multiplicado por el número de entradas. Ejemplos de roscas de dos entradas son: M 30 × 4 izq. (2 entr.), Tr 50 × 16 izq. (2 entr.), S 80 × 32 izq. (2 entr.)

12. La designación de rosca no se coloca en una nota como en el sistema norteamericano, sino en forma de cota como se muestra en la fig. E-15.

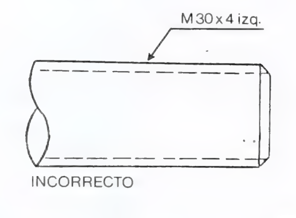




Fig. E-15

PARA TALADROS

1. Los taladros pasantes se desginan por su diámetro acotado (fig. E-16A) y no mediante nota como en la fig. 18-49.
2. Los taladros ciegos se designan acotando su diámetro y profundidad (fig. E-16B) y no mediante nota como en la fig. 18-49.
3. Los agujeros con caja se designan acotando diámetros y la profundidad de la caja (fig. E-16C) y no mediante nota como en la fig. 18-49.
4. Los agujeros barrenados se designan acotando sus diámetros y la profundidad del barrenado (fig. E-16D) y no por nota.
5. Los avellanados se designan acotando el diámetro del agujero, el ángulo y la profundidad del avellanado (fig. E-16E) y no por nota.
6. Los avellanados cilíndricos se designan acotando sus diámetros, la profundidad y el ángulo del avellanado (fig. E-16F) y no por nota.
7. Cuando se desee indicar el proceso de mecanizado de un taladro se hace mediante nota colocada al pie del dibujo.

PARA ACABADOS

1. Los signos de acabado se deben colocar en cuanto sea posible en las aristas del cuerpo y no lejos de las cifras de cota correspondientes; sólo a falta de espacio se utilizarán líneas auxiliares. El vértice del triángulo debe reposar sobre la superficie señalada (fig. E-17).

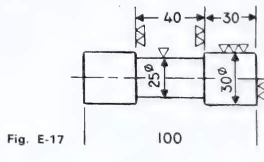


Fig. E-17

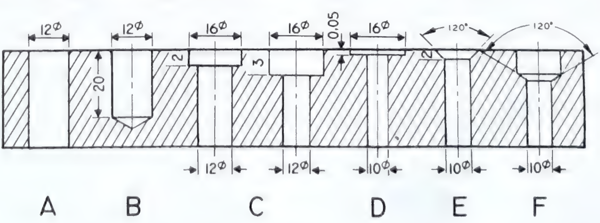


Fig. E-16

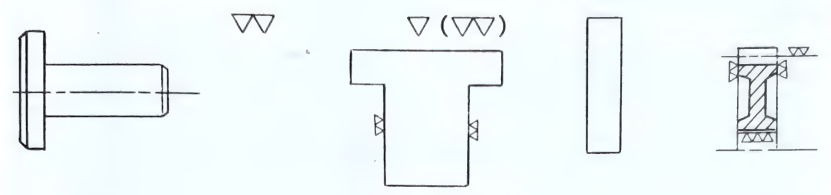


Fig. E-18

Fig. E-19

Fig. E-20

2. Cuando el acabado es el mismo para toda la pieza, se coloca el signo separado del dibujo (fig. E-18).
3. Si predomina una calidad de superficie pero algunas partes llevan otra terminación como excepción, el acabado de excepción se indica entre paréntesis y además sobre la superficie que corresponde, de acuerdo con la fig. E-19. El acabado predominante va a la izquierda del paréntesis.
4. Los signos de acabado para dentados se colocarán sobre la línea primitiva, como en la fig. E-20.

PARA DESIGNACION DE CHAVETAS

1. Las chavetas mediacaña y las chavetas con cabeza se designan mediante el nombre y a continuación las dimensiones $b \times h \times 1$ (véase fig. E-21).
2. Las lengüetas de ajuste se designan mediante el nombre, a continuación una letra de A hasta H para indicar la forma y el montaje según la fig. E-22 y luego las dimensiones $b \times h \times 1$.
3. Las chavetas redondas se designan mediante el nombre seguido de las dimensiones $b \times h$ (véase fig. E-23).

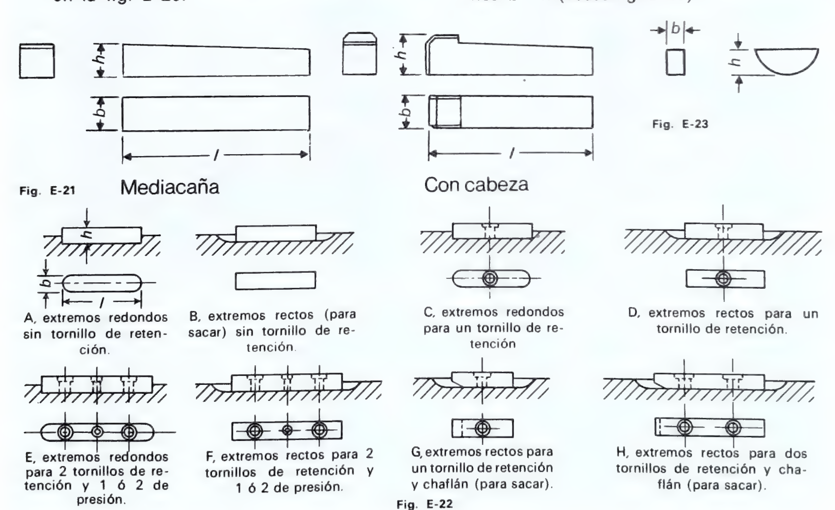


Fig. E-21 Mediacaña — Con cabeza

Fig. E-23

A, extremos redondos sin tornillo de retención.

B, extremos rectos (para sacar) sin tornillo de retención.

C, extremos redondos para un tornillo de retención

D, extremos rectos para un tornillo de retención.

E, extremos redondos para 2 tornillos de retención y 1 ó 2 de presión.

F, extremos rectos para 2 tornillos de retención y 1 ó 2 de presión.

G, extremos rectos para un tornillo de retención y chaflán (para sacar).

H, extremos rectos para dos tornillos de retención y chaflán (para sacar).

Fig. E-22

BIBLIOGRAFIA

DIN Taschenbuch 45, Gewindenormen. Hereausgegeben von Deutschen Normenausschuss (DNA). Berlín: Beuth-Vertrieb GmbH, 1973.

Jiménez Balboa, Luis, *Prontuario de ajustes y tolerancias.* Barcelona: Ediciones Técnicas Marcombo, S. A., 1967.

Klein, Martín, *Introducción a las normas DIN.* Bilbao: Editorial Balzola, 1967.

Lucchessi, Ing. Domenico, *Metrotecnia. Tolerancias e instrumentación.* Barcelona: Editorial Labor, 1973.

Manual DIN núm. 1. Bilbao: Editorial Balzola, 1970.

Masana, Joaquín, *Ajuste y tolerancias, selección y empleo.* Barcelona: Ediciones CEAC, 1966.

Straneo, S. L., R. Consorti, *El dibujo técnico mecánico. Unión Tipográfica.* Barcelona: Editorial Hispano-Americana, 1965.

APENDICES

INDICE

APENDICE 1. LOGARITMOS DECIMALES

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,0	0,0000	0,0043	0,0086	0,0128	0,0170	0,0212	0,0253	0,0294	0,0334	0,0374
1,1	0,0414	0,0453	0,0492	0,0531	0,0569	0,0607	0,0645	0,0682	0,0719	0,0755
1,2	0,0792	0,0828	0,0864	0,0899	0,0934	0,0969	0,1004	0,1038	0,1072	0,1106
1,3	0,1139	0,1173	0,1206	0,1239	0,1271	0,1303	0,1335	0,1367	0,1399	0,1430
1,4	0,1461	0,1492	0,1523	0,1553	0,1584	0,1614	0,1644	0,1673	0,1703	0,1732
1,5	0,1761	0,1790	0,1818	0,1847	0,1875	0,1903	0,1931	0,1959	0,1987	0,2014
1,6	0,2041	0,2068	0,2095	0,2122	0,2148	0,2175	0,2201	0,2227	0,2253	0,2279
1,7	0,2304	0,2330	0,2355	0,2380	0,2405	0,2430	0,2455	0,2480	0,2504	0,2529
1,8	0,2553	0,2577	0,2601	0,2625	0,2648	0,2672	0,2695	0,2718	0,2742	0,2765
1,9	0,2788	0,2810	0,2833	0,2856	0,2878	0,2900	0,2923	0,2945	0,2967	0,2989
2,0	0,3010	0,3032	0,3054	0,3075	0,3096	0,3118	0,3139	0,3160	0,3181	0,3201
2,1	0,3222	0,3243	0,3263	0,3284	0,3304	0,3324	0,3345	0,3365	0,3385	0,3404
2,2	0,3424	0,3444	0,3464	0,3483	0,3502	0,3522	0,3541	0,3560	0,3579	0,3598
2,3	0,3617	0,3636	0,3655	0,3674	0,3692	0,3711	0,3729	0,3747	0,3766	0,3784
2,4	0,3802	0,3820	0,3838	0,3856	0,3874	0,3892	0,3909	0,3927	0,3945	0,3962
2,5	0,3979	0,3997	0,4014	0,4031	0,4048	0,4065	0,4082	0,4099	0,4116	0,4133
2,6	0,4150	0,4166	0,4183	0,4200	0,4216	0,4232	0,4249	0,4265	0,4281	0,4298
2,7	0,4314	0,4330	0,4346	0,4362	0,4378	0,4393	0,4409	0,4425	0,4440	0,4456
2,8	0,4472	0,4487	0,4502	0,4518	0,4533	0,4548	0,4564	0,4579	0,4594	0,4609
2,9	0,4624	0,4639	0,4654	0,4669	0,4683	0,4698	0,4713	0,4728	0,4742	0,4757
3,0	0,4771	0,4786	0,4800	0,4814	0,4829	0,4843	0,4857	0,4871	0,4886	0,4900
3,1	0,4914	0,4928	0,4942	0,4955	0,4969	0,4983	0,4997	0,5011	0,5024	0,5038
3,2	0,5051	0,5065	0,5079	0,5092	0,5105	0,5119	0,5132	0,5145	0,5159	0,5172
3,3	0,5185	0,5198	0,5211	0,5224	0,5237	0,5250	0,5263	0,5276	0,5289	0,5302
3,4	0,5315	0,5328	0,5340	0,5353	0,5366	0,5378	0,5391	0,5403	0,5416	0,5428
3,5	0,5441	0,5453	0,5465	0,5478	0,5490	0,5502	0,5514	0,5527	0,5539	0,5551
3,6	0,5563	0,5575	0,5587	0,5599	0,5611	0,5623	0,5635	0,5647	0,5658	0,5670
3,7	0,5682	0,5694	0,5705	0,5717	0,5729	0,5740	0,5752	0,5763	0,5775	0,5786
3,8	0,5798	0,5809	0,5821	0,5832	0,5843	0,5855	0,5866	0,5877	0,5888	0,5899
3,9	0,5911	0,5922	0,5933	0,5944	0,5955	0,5966	0,5977	0,5988	0,5999	0,6010
4,0	0,6021	0,6031	0,6042	0,6053	0,6064	0,6075	0,6085	0,6096	0,6107	0,6117
4,1	0,6128	0,6138	0,6149	0,6160	0,6170	0,6180	0,6191	0,6201	0,6212	0,6222
4,2	0,6232	0,6243	0,6253	0,6263	0,6274	0,6284	0,6294	0,6304	0,6314	0,6325
4,3	0,6335	0,6345	0,6355	0,6365	0,6375	0,6385	0,6395	0,6405	0,6415	0,6425
4,4	0,6435	0,6444	0,6454	0,6464	0,6474	0,6484	0,6493	0,6503	0,6513	0,6522
4,5	0,6532	0,6542	0,6551	0,6561	0,6571	0,6580	0,6590	0,6599	0,6609	0,6618
4,6	0,6628	0,6637	0,6646	0,6656	0,6665	0,6675	0,6684	0,6693	0,6702	0,6712
4,7	0,6721	0,6730	0,6739	0,6749	0,6758	0,6767	0,6776	0,6785	0,6794	0,6803
4,8	0,6812	0,6821	0,6830	0,6839	0,6848	0,6857	0,6866	0,6875	0,6884	0,6893
4,9	0,6902	0,6911	0,6920	0,6928	0,6937	0,6946	0,6955	0,6964	0,6972	0,6981
5,0	0,6990	0,6998	0,7007	0,7016	0,7024	0,7033	0,7042	0,7050	0,7059	0,7067
5,1	0,7076	0,7084	0,7093	0,7101	0,7110	0,7118	0,7126	0,7135	0,7143	0,7152
5,2	0,7160	0,7168	0,7177	0,7185	0,7193	0,7202	0,7210	0,7218	0,7226	0,7235
5,3	0,7243	0,7251	0,7259	0,7267	0,7275	0,7284	0,7292	0,7300	0,7308	0,7316
5,4	0,7324	0,7332	0,7340	0,7348	0,7356	0,7364	0,7372	0,7380	0,7388	0,7396
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

APENDICE 1. LOGARITMOS DECIMALES (continuación)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5,5	0,7404	0,7412	0,7419	0,7427	0,7435	0,7443	0,7451	0,7459	0,7466	0,7474
5,6	0,7482	0,7490	0,7497	0,7505	0,7513	0,7520	0,7528	0,7536	0,7543	0,7551
5,7	0,7559	0,7566	0,7574	0,7582	0,7589	0,7597	0,7604	0,7612	0,7619	0,7627
5,8	0,7634	0,7642	0,7649	0,7657	0,7664	0,7672	0,7679	0,7686	0,7694	0,7701
5,9	0,7709	0,7716	0,7723	0,7731	0,7738	0,7745	0,7752	0,7760	0,7767	0,7774
6,0	0,7782	0,7789	0,7796	0,7803	0,7810	0,7818	0,7825	0,7832	0,7839	0,7846
6,1	0,7853	0,7860	0,7868	0,7875	0,7882	0,7889	0,7896	0,7903	0,7910	0,7917
6,2	0,7924	0,7931	0,7938	0,7945	0,7952	0,7959	0,7966	0,7973	0,7980	0,7987
6,3	0,7993	0,8000	0,8007	0,8014	0,8021	0,8028	0,8035	0,8041	0,8048	0,8055
6,4	0,8062	0,8069	0,8075	0,8082	0,8089	0,8096	0,8102	0,8109	0,8116	0,8122
6,5	0,8129	0,8136	0,8142	0,8149	0,8156	0,8162	0,8169	0,8176	0,8182	0,8189
6,6	0,8195	0,8202	0,8209	0,8215	0,8222	0,8228	0,8235	0,8241	0,8248	0,8254
6,7	0,8261	0,8267	0,8274	0,8280	0,8287	0,8293	0,8299	0,8306	0,8312	0,8319
6,8	0,8325	0,8331	0,8338	0,8344	0,8351	0,8357	0,8363	0,8370	0,8376	0,8382
6,9	0,8388	0,8395	0,8401	0,8407	0,8414	0,8420	0,8426	0,8432	0,8439	0,8445
7,0	0,8451	0,8457	0,8463	0,8470	0,8476	0,8482	0,8488	0,8494	0,8500	0,8506
7,1	0,8513	0,8519	0,8525	0,8531	0,8537	0,8543	0,8549	0,8555	0,8561	0,8567
7,2	0,8573	0,8579	0,8585	0,8591	0,8597	0,8603	0,8609	0,8615	0,8621	0,8627
7,3	0,8633	0,8639	0,8645	0,8651	0,8657	0,8663	0,8669	0,8675	0,8681	0,8686
7,4	0,8692	0,8698	0,8704	0,8710	0,8716	0,8722	0,8727	0,8733	0,8739	0,8745
7,5	0,8751	0,8756	0,8762	0,8768	0,8774	0,8779	0,8785	0,8791	0,8797	0,8802
7,6	0,8808	0,8814	0,8820	0,8825	0,8831	0,8837	0,8842	0,8848	0,8854	0,8859
7,7	0,8865	0,8871	0,8876	0,8882	0,8887	0,8893	0,8899	0,8904	0,8910	0,8915
7,8	0,8921	0,8927	0,8932	0,8938	0,8943	0,8949	0,8954	0,8960	0,8965	0,8971
7,9	0,8976	0,8982	0,8987	0,8993	0,8998	0,9004	0,9009	0,9015	0,9020	0,9025
8,0	0,9031	0,9036	0,9042	0,9047	0,9053	0,9058	0,9063	0,9069	0,9074	0,9079
8,1	0,9085	0,9090	0,9096	0,9101	0,9106	0,9112	0,9117	0,9122	0,9128	0,9133
8,2	0,9138	0,9143	0,9149	0,9154	0,9159	0,9165	0,9170	0,9175	0,9180	0,9186
8,3	0,9191	0,9196	0,9201	0,9206	0,9212	0,9217	0,9222	0,9227	0,9232	0,9238
8,4	0,9243	0,9248	0,9253	0,9258	0,9263	0,9269	0,9274	0,9279	0,9284	0,9289
8,5	0,9294	0,9299	0,9304	0,9309	0,9315	0,9320	0,9325	0,9330	0,9335	0,9340
8,6	0,9345	0,9350	0,9355	0,9360	0,9365	0,9370	0,9375	0,9380	0,9385	0,9390
8,7	0,9395	0,9400	0,9405	0,9410	0,9415	0,9420	0,9425	0,9430	0,9435	0,9440
8,8	0,9445	0,9450	0,9455	0,9460	0,9465	0,9469	0,9474	0,9479	0,9484	0,9489
8,9	0,9494	0,9499	0,9504	0,9509	0,9513	0,9518	0,9523	0,9528	0,9533	0,9538
9,0	0,9542	0,9547	0,9552	0,9557	0,9562	0,9566	0,9571	0,9576	0,9581	0,9586
9,1	0,9590	0,9595	0,9600	0,9605	0,9609	0,9614	0,9619	0,9624	0,9628	0,9633
9,2	0,9638	0,9643	0,9647	0,9652	0,9657	0,9661	0,9666	0,9671	0,9675	0,9680
9,3	0,9685	0,9689	0,9694	0,9699	0,9703	0,9708	0,9713	0,9717	0,9722	0,9727
9,4	0,9731	0,9736	0,9741	0,9745	0,9750	0,9754	0,9759	0,9763	0,9768	0,9773
9,5	0,9777	0,9782	0,9786	0,9791	0,9795	0,9800	0,9805	0,9809	0,9814	0,9818
9,6	0,9823	0,9827	0,9832	0,9836	0,9841	0,9845	0,9850	0,9854	0,9859	0,9863
9,7	0,9868	0,9872	0,9877	0,9881	0,9886	0,9890	0,9894	0,9899	0,9903	0,9908
9,8	0,9912	0,9917	0,9921	0,9926	0,9930	0,9934	0,9939	0,9943	0,9948	0,9952
9,9	0,9956	0,9961	0,9965	0,9969	0,9974	0,9978	0,9983	0,9987	0,9991	0,9996
N	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**

APENDICE 2. FUNCIONES TRIGONOMETRICAS

Grados	Radianes	Seno	Tangente	Cotangente	Coseno		
0° 00′	0,0000	0,0000	0,0000		1,0000	1,5708	**90° 00′**
10′	0,0029	0,0029	0,0029	343,77	1,0000	1,5679	50′
20′	0,0058	0,0058	0,0058	171,89	1,0000	1,5650	40′
30′	0,0087	0,0087	0,0087	114,59	1,0000	1,5621	30′
40′	0,0116	0,0116	0,0116	85,940	0,9999	1,5592	20′
50′	0,0145	0,0145	0,0145	68,750	0,9999	1,5563	10′
1° 00′	0,0175	0,0175	0,0175	57,290	0,9998	1,5533	**89° 00′**
10′	0,0204	0,0204	0,0204	49,104	0,9998	1,5504	50′
20′	0,0233	0,0233	0,0233	42,964	0,9997	1,5475	40′
30′	0,0262	0,0262	0,0262	38,188	0,9997	1,5446	30′
40′	0,0291	0,0291	0,0291	34,368	0,9996	1,5417	20′
50′	0,0320	0,0320	0,0320	31,242	0,9995	1,5388	10′
2° 00′	0,0349	0,0349	0,0349	28,636	0,9994	1,5359	**88° 00′**
10′	0,0378	0,0378	0,0378	26,432	0,9993	1,5330	50′
20′	0,0407	0,0407	0,0407	24,542	0,9992	1,5301	40′
30′	0,0436	0,0436	0,0437	22,904	0,9990	1,5272	30′
40′	0,0465	0,0465	0,0466	21,470	0,9989	1,5243	20′
50′	0,0495	0,0494	0,0495	20,206	0,9988	1,5213	10′
3° 00′	0,0524	0,0523	0,0524	19,081	0,9986	1,5184	**87° 00′**
10′	0,0553	0,0552	0,0553	18,075	0,9985	1,5155	50′
20′	0,0582	0,0581	0,0582	17,169	0,9983	1,5126	40′
30′	0,0611	0,0610	0,0612	16,350	0,9981	1,5097	30′
40′	0,0640	0,0640	0,0641	15,605	0,9980	1,5068	20′
50′	0,0669	0,0669	0,0670	14,924	0,9978	1,5039	10′
4° 00′	0,0698	0,0698	0,0699	14,301	0,9976	1,5010	**86° 00′**
10′	0,0727	0,0727	0,0729	13,727	0,9974	1,4981	50′
20′	0,0756	0,0756	0,0758	13,197	0,9971	1,4952	40′
30′	0,0785	0,0785	0,0787	12,706	0,9969	1,4923	30′
40′	0,0814	0,0814	0,0816	12,251	0,9967	1,4893	20′
50′	0,0844	0,0843	0,0846	11,826	0,9964	1,4864	10′
5° 00′	0,0873	0,0872	0,0875	11,430	0,9962	1,4835	**85° 00′**
10′	0,0902	0,0901	0,0904	11,059	0,9959	1,4806	50′
20′	0,0931	0,0929	0,0934	10,712	0,9957	1,4777	40′
30′	0,0960	0,0958	0,0963	10,385	0,9954	1,4748	30′
40′	0,0989	0,0987	0,0992	10,078	0,9951	1,4719	20′
50′	0,1018	0,1016	0,1022	9,7882	0,9948	1,4690	10′
6° 00′	0,1047	0,1045	0,1051	9,5144	0,9945	1,4661	**84° 00′**
10′	0,1076	0,1074	0,1080	9,2553	0,9942	1,4632	50′
20′	0,1105	0,1103	0,1110	9,0098	0,9939	1,4603	40′
30′	0,1134	0,1132	0,1139	8,7769	0,9936	1,4573	30′
40′	0,1164	0,1161	0,1169	8,5555	0,9932	1,4544	20′
50′	0,1193	0,1190	0,1198	8,3450	0,9929	1,4515	10′
7° 00′	0,1222	0,1219	0,1228	8,1443	0,9925	1,4486	**83° 00′**
10′	0,1251	0,1248	0,1257	7,9530	0,9922	1,4457	50′
20′	0,1280	0,1276	0,1287	7,7704	0,9918	1,4428	40′
30′	0,1309	0,1305	0,1317	7,5958	0,9914	1,4399	30′
40′	0,1338	0,1334	0,1346	7,4287	0,9911	1,4370	20′
50′	0,1367	0,1363	0,1376	7,2687	0,9907	1,4341	10′
8° 00′	0,1396	0,1392	0,1405	7,1154	0,9903	1,4312	**82° 00′**
10′	0,1425	0,1421	0,1435	6,9682	0,9899	1,4283	50′
20′	0,1454	0,1449	0,1465	6,8269	0,9894	1,4254	40′
30′	0,1484	0,1478	0,1495	6,6912	0,9890	1,4224	30′
40′	0,1513	0,1507	0,1524	6,5606	0,9886	1,4195	20′
50′	0,1542	0,1536	0,1554	6,4348	0,9881	1,4166	10′
9° 00′	0,1571	0,1564	0,1584	6,3138	0,9877	1,4137	**81° 00′**
		Coseno	Cotangente	Tangente	Seno	Radianes	Grados

APENDICE 2. FUNCIONES TRIGONOMETRICAS (continuación)

Grados	Radianes	Seno	Tangente	Cotangente	Coseno		
9° 00′	0,1571	0,1564	0,1584	6,3138	0,9877	1,4137	**81° 00′**
10′	0,1600	0,1593	0,1614	6,1970	0,9872	1,4108	50′
20′	0,1629	0,1622	0,1644	6,0844	0,9868	1,4079	40′
30′	0,1658	0,1650	0,1673	5,9758	0,9863	1,4050	30′
40′	0,1687	0,1679	0,1703	5,8708	0,9858	1,4021	20′
50′	0,1716	0,1708	0,1733	5,7694	0,9853	1,3992	10′
10° 00′	0,1745	0,1736	0,1763	5,6713	0,9848	1,3963	**80° 00′**
10′	0,1774	0,1765	0,1793	5,5764	0,9843	1,3934	50′
20′	0,1804	0,1794	0,1823	5,4845	0,9838	1,3904	40′
30′	0,1833	0,1822	0,1853	5,3955	0,9833	1,3875	30′
40′	0,1862	0,1851	0,1883	5,3093	0,9827	1,3846	20′
50′	0,1891	0,1880	0,1914	5,2257	0,9822	1,3817	10′
11° 00′	0,1920	0,1908	0,1944	5,1446	0,9816	1,3788	**79° 00′**
10′	0,1949	0,1937	0,1974	5,0658	0,9811	1,3759	50′
20′	0,1978	0,1965	0,2004	4,9894	0,9805	1,3730	40′
30′	0,2007	0,1994	0,2035	4,9152	0,9799	1,3701	30′
40′	0,2036	0,2022	0,2065	4,8430	0,9793	1,3672	20′
50′	0,2065	0,2051	0,2095	4,7729	0,9787	1,3643	10′
12° 00′	0,2094	0,2079	0,2126	4,7046	0,9781	1,3614	**78° 00′**
10′	0,2123	0,2108	0,2156	4,6382	0,9775	1,3584	50′
20′	0,2153	0,2136	0,2186	4,5736	0,9769	1,3555	40′
30′	0,2182	0,2164	0,2217	4,5107	0,9763	1,3526	30′
40′	0,2211	0,2193	0,2247	4,4494	0,9757	1,3497	20′
50′	0,2240	0,2221	0,2278	4,3897	0,9750	1,3468	10′
13° 00′	0,2269	0,2250	0,2309	4,3315	0,9744	1,3439	**77° 00′**
10′	0,2298	0,2278	0,2339	4,2747	0,9737	1,3410	50′
20′	0,2327	0,2306	0,2370	4,2193	0,9730	1,3381	40′
30′	0,2356	0,2334	0,2401	4,1653	0,9724	1,3352	30′
40′	0,2385	0,2363	0,2432	4,1126	0,9717	1,3323	20′
50′	0,2414	0,2391	0,2462	4,0611	0,9710	1,3294	10′
14° 00′	0,2443	0,2419	0,2493	4,0108	0,9703	1,3265	**76° 00′**
10′	0,2473	0,2447	0,2524	3,9617	0,9696	1,3235	50′
20′	0,2502	0,2476	0,2555	3,9136	0,9689	1,3206	40′
30′	0,2531	0,2504	0,2586	3,8667	0,9681	1,3177	30′
40′	0,2560	0,2532	0,2617	3,8208	0,9674	1,3148	20′
50′	0,2589	0,2560	0,2648	3,7760	0,9667	1,3119	10′
15° 00′	0,2618	0,2588	0,2679	3,7321	0,9659	1,3090	**75° 00′**
10′	0,2647	0,2616	0,2711	3,6891	0,9652	1,3061	50′
20′	0,2676	0,2644	0,2742	3,6470	0,9644	1,3032	40′
30′	0,2705	0,2672	0,2773	3,6059	0,9636	1,3003	30′
40′	0,2734	0,2700	0,2805	3,5656	0,9628	1,2974	20′
50′	0,2763	0,2728	0,2836	3,5261	0,9621	1,2945	10′
16° 00′	0,2793	0,2756	0,2867	3,4874	0,9613	1,2915	**74° 00′**
10′	0,2822	0,2784	0,2899	3,4495	0,9605	1,2886	50′
20′	0,2851	0,2812	0,2931	3,4124	0,9596	1,2857	40′
30′	0,2880	0,2840	0,2962	3,3759	0,9588	1,2828	30′
40′	0,2909	0,2868	0,2994	3,3402	0,9580	1,2799	20′
50′	0,2938	0,2896	0,3026	3,3052	0,9572	1,2770	10′
17° 00′	0,2967	0,2924	0,3057	3,2709	0,9563	1,2741	**73° 00′**
10′	0,2996	0,2952	0,3089	3,2371	0,9555	1,2712	50′
20′	0,3025	0,2979	0,3121	3,2041	0,9546	1,2683	40′
30′	0,3054	0,3007	0,3153	3,1716	0,9537	1,2654	30′
40′	0,3083	0,3035	0,3185	3,1397	0,9528	1,2625	20′
50′	0,3113	0,3062	0,3217	3,1084	0,9520	1,2595	10′
18° 00′	0,3142	0,3090	0,3249	3,0777	0,9511	1,2566	**72° 00′**
		Coseno	Cotangente	Tangente	Seno	Radianes	Grados

APENDICE 2. FUNCIONES TRIGONOMETRICAS (continuación)

Grados	Radianes	Seno	Tangente	Cotangente	Coseno		
18° 00′	0,3142	0,3090	0,3249	3,0777	0,9511	1,2566	**72° 00′**
10′	0,3171	0,3118	0,3281	3,0475	0,9502	1,2537	50′
20′	0,3200	0,3145	0,3314	3,0178	0,9492	1,2508	40′
30′	0,3229	0,3173	0,3346	2,9887	0,9483	1,2479	30′
40′	0,3258	0,3201	0,3378	2,9600	0,9474	1,2450	20′
50′	0,3287	0,3228	0,3411	2,9319	0,9465	1,2421	10′
19° 00′	0,3316	0,3256	0,3443	2,9042	0,9455	1,2392	**71° 00′**
10′	0,3345	0,3283	0,3476	2,8770	0,9446	1,2363	50′
20′	0,3374	0,3311	0,3508	2,8502	0,9436	1,2334	40′
30′	0,3403	0,3338	0,3541	2,8239	0,9426	1,2305	30′
40′	0,3432	0,3365	0,3574	2,7980	0,9417	1,2275	20′
50′	0,3462	0,3393	0,3607	2,7725	0,9407	1,2246	10′
20° 00′	0,3491	0,3420	0,3640	2,7475	0,9397	1,2217	**70° 00′**
10′	0,3520	0,3448	0,3673	2,7228	0,9387	1,2188	50′
20′	0,3549	0,3475	0,3706	2,6985	0,9377	1,2159	40′
30′	0,3578	0,3502	0,3739	2,6746	0,9367	1,2130	30′
40′	0,3607	0,3529	0,3772	2,6511	0,9356	1,2101	20′
50′	0,3636	0,3557	0,3805	2,6279	0,9346	1,2072	10′
21° 00′	0,3665	0,3584	0,3839	2,6051	0,9336	1,2043	**69° 00′**
10′	0,3694	0,3611	0,3872	2,5826	0,9325	1,2014	50′
20′	0,3723	0,3638	0,3906	2,5605	0,9315	1,1985	40′
30′	0,3752	0,3665	0,3939	2,5386	0,9304	1,1956	30′
40′	0,3782	0,3692	0,3973	2,5172	0,9293	1,1926	20′
50′	0,3811	0,3719	0,4006	2,4960	0,9283	1,1897	10′
22° 00′	0,3840	0,3746	0,4040	2,4751	0,9272	1,1868	**68° 00′**
10′	0,3869	0,3773	0,4074	2,4545	0,9261	1,1839	50′
20′	0,3898	0,3800	0,4108	2,4342	0,9250	1,1810	40′
30′	0,3927	0,3827	0,4142	2,4142	0,9239	1,1781	30′
40′	0,3956	0,3854	0,4176	2,3945	0,9228	1,1752	20′
50′	0,3985	0,3881	0,4210	2,3750	0,9216	1,1723	10′
23° 00′	0,4014	0,3907	0,4245	2,3559	0,9205	1,1694	**67° 00′**
10′	0,4043	0,3934	0,4279	2,3369	0,9194	1,1665	50′
20′	0,4072	0,3961	0,4314	2,3183	0,9182	1,1636	40′
30′	0,4102	0,3987	0,4348	2,2998	0,9171	1,1606	30′
40′	0,4131	0,4014	0,4383	2,2817	0,9159	1,1577	20′
50′	0,4160	0,4041	0,4417	2,2637	0,9147	1,1548	10′
24° 00′	0,4189	0,4067	0,4452	2,2460	0,9135	1,1519	**66° 00′**
10′	0,4218	0,4094	0,4487	2,2286	0,9124	1,1490	50′
20′	0,4247	0,4120	0,4522	2,2113	0,9112	1,1461	40′
30′	0,4276	0,4147	0,4557	2,1943	0,9100	1,1432	30′
40′	0,4305	0,4173	0,4592	2,1775	0,9088	1,1403	20′
50′	0,4334	0,4200	0,4628	2,1609	0,9075	1,1374	10′
25° 00′	0,4363	0,4226	0,4663	2,1445	0,9063	1,1345	**65° 00′**
10′	0,4392	0,4253	0,4699	2,1283	0,9051	1,1316	50′
20′	0,4422	0,4279	0,4734	2,1123	0,9038	1,1286	40′
30′	0,4451	0,4305	0,4770	2,0965	0,9026	1,1257	30′
40′	0,4480	0,4331	0,4806	2,0809	0,9013	1,1228	20′
50′	0,4509	0,4358	0,4841	2,0655	0,9001	1,1199	10′
26° 00′	0,4538	0,4384	0,4877	2,0503	0,8988	1,1170	**64° 00′**
10′	0,4567	0,4410	0,4913	2,0353	0,8975	1,1141	50′
20′	0,4596	0,4436	0,4950	2,0204	0,8962	1,1112	40′
30′	0,4625	0,4462	0,4986	2,0057	0,8949	1,1083	30′
40′	0,4654	0,4488	0,5022	1,9912	0,8936	1,1054	20′
50′	0,4683	0,4514	0,5059	1,9768	0,8923	1,1025	10′
27° 00′	0,4712	0,4540	0,5095	1,9626	0,8910	1.0996	**63° 00′**
		Coseno	Cotangente	Tangente	Seno	Radianes	Grados

APENDICE 2. FUNCIONES TRIGONOMETRICAS (continuación)

Grados	Radianes	Seno	Tangente	Cotangente	Coseno		
27° 00′	0,4712	0,4540	0,5095	1,9626	0,8910	1,0996	**63° 00′**
10′	0,4741	0,4566	0,5132	1,9486	0,8897	1,0966	50′
20′	0,4771	0,4592	0,5169	1,9347	0,8884	1,0937	40′
30′	0,4800	0,4617	0,5206	1,9210	0,8870	1,0908	30′
40′	0,4829	0,4643	0,5243	1,9074	0,8857	1,0879	20′
50′	0,4858	0,4669	0,5280	1,8940	0,8843	1,0850	10′
28° 00′	0,4887	0,4695	0,5317	1,8807	0,8829	1,0821	**62° 00′**
10′	0,4916	0,4720	0,5354	1,8676	0,8816	1,0792	50′
20′	0,4945	0,4746	0,5392	1,8546	0,8802	1,0763	40′
30′	0,4974	0,4772	0,5430	1,8418	0,8788	1,0734	30′
40′	0,5003	0,4797	0,5467	1,8291	0,8774	1,0705	20′
50′	0,5032	0,4823	0,5505	1,8165	0,8760	1,0676	10′
29° 00′	0,5061	0,4848	0,5543	1,8040	0,8746	1,0647	**61° 00′**
10′	0,5091	0,4874	0,5581	1,7917	0,8732	1,0617	50′
20′	0,5120	0,4899	0,5619	1,7796	0,8718	1,0588	40′
30′	0,5149	0,4924	0,5658	1,7675	0,8704	1,0559	30′
40′	0,5178	0,4950	0,5696	1,7556	0,8689	1,0530	20′
50′	0,5207	0,4975	0,5735	1,7437	0,8675	1,0501	10′
30° 00′	0,5236	0,5000	0,5774	1,7321	0,8660	1,0472	**60° 00′**
10′	0,5265	0,5025	0,5812	1,7205	0,8646	1,0443	50′
20′	0,5294	0,5050	0,5851	1,7090	0,8631	1,0414	40′
30′	0,5323	0,5075	0,5890	1,6977	0,8616	1,0385	30′
40′	0,5352	0,5100	0,5930	1,6864	0,8601	1,0356	20′
50′	0,5381	0,5125	0,5969	1,6753	0,8587	1,0327	10′
31° 00′	0,5411	0,5150	0,6009	1,6643	0,8572	1,0297	**59° 00′**
10′	0,5440	0,5175	0,6048	1,6534	0,8557	1,0268	50′
20′	0,5469	0,5200	0,6088	1,6426	0,8542	1,0239	40′
30′	0,5498	0,5225	0,6128	1,6319	0,8526	1,0210	30′
40′	0,5527	0,5250	0,6168	1,6212	0,8511	1,0181	20′
50′	0,5556	0,5275	0,6208	1,6107	0,8496	1,0152	10′
32° 00′	0,5585	0,5299	0,6249	1,6003	0,8480	1,0123	**58° 00′**
10′	0,5614	0,5324	0,6289	1,5900	0,8465	1,0094	50′
20′	0,5643	0,5348	0,6330	1,5798	0,8450	1,0065	40′
30′	0,5672	0,5373	0,6371	1,5697	0,8434	1,0036	30′
40′	0,5701	0,5398	0,6412	1,5597	0,8418	1,0007	20′
50′	0,5730	0,5422	0,6453	1,5497	0,8403	0,9977	10′
33° 00′	0,5760	0,5446	0,6494	1,5399	0,8387	0,9948	**57° 00′**
10′	0,5789	0,5471	0,6536	1,5301	0,8371	0,9919	50′
20′	0,5818	0,5495	0,6577	1,5204	0,8355	0,9890	40′
30′	0,5847	0,5519	0,6619	1,5108	0,8339	0,9861	30′
40′	0,5876	0,5544	0,6661	1,5013	0,8323	0,9832	20′
50′	0,5905	0,5568	0,6703	1,4919	0,8307	0,9803	10′
34° 00′	0,5934	0,5592	0,6745	1,4826	0,8290	0,9774	**56° 00′**
10′	0,5963	0,5616	0,6787	1,4733	0,8274	0,9745	50′
20′	0,5992	0,5640	0,6830	1,4641	0,8258	0,9716	40′
30′	0,6021	0,5664	0,6873	1,4550	0,8241	0,9687	30′
40′	0,6050	0,5688	0,6916	1,4460	0,8225	0,9657	20′
50′	0,6080	0,5712	0,6959	1,4370	0,8208	0,9628	10′
35° 00′	0,6109	0,5736	0,7002	1,4281	0,8192	0,9599	**55° 00′**
10′	0,6138	0,5760	0,7046	1,4193	0,8175	0,9570	50′
20′	0,6167	0,5783	0,7089	1,4106	0,8158	0,9541	40′
30′	0,6196	0,5807	0,7133	1,4019	0,8141	0,9512	30′
40′	0,6225	0,5831	0,7177	1,3934	0,8124	0,9483	20′
50′	0,6254	0,5854	0,7221	1,3848	0,8107	0,9454	10′
36° 00′	0,6283	0,5878	0,7265	1,3764	0,8090	0,9425	**54° 00′**
		Coseno	Cotangente	Tangente	Seno	Radianes	Grados

APENDICE 2. FUNCIONES TRIGONOMETRICAS (continuación)

Grados	Radianes	Seno	Tangente	Cotangente	Coseno		
36° 00′	0,6283	0,5878	0,7265	1,3764	0,8090	0,9425	**54° 00′**
10′	0,6312	0,5901	0,7310	1,3680	0,8073	0,9396	50′
20′	0,6341	0,5925	0,7355	1,3597	0,8056	0,9367	40′
30′	0,6370	0,5948	0,7400	1,3514	0,8039	0,9338	30′
40′	0,6400	0,5972	0,7445	1,3432	0,8021	0,9308	20′
50′	0,6429	0,5995	0,7490	1,3351	0,8004	0,9279	10′
37° 00′	0,6458	0,6018	0,7536	1,3270	0,7986	0,9250	**53° 00′**
10′	0,6487	0,6041	0,7581	1,3190	0,7969	0,9221	50′
20′	0,6516	0,6065	0,7627	1,3111	0,7951	0,9192	40′
30′	0,6545	0,6088	0,7673	1,3032	0,7934	0,9163	30′
40′	0,6574	0,6111	0,7720	1,2954	0,7916	0,9134	20′
50′	0,6603	0,6134	0,7766	1,2876	0,7898	0,9105	10′
38° 00′	0,6632	0,6157	0,7813	1,2799	0,7880	0,9076	**52° 00′**
10′	0,6661	0,6180	0,7860	1,2723	0,7862	0,9047	50′
20′	0,6690	0,6202	0,7907	1,2647	0,7844	0,9018	40′
30′	0,6720	0,6225	0,7954	1,2572	0,7826	0,8988	30′
40′	0,6749	0,6248	0,8002	1,2497	0,7808	0,8959	20′
50′	0,6778	0,6271	0,8050	1,2423	0,7790	0,8930	10′
39° 00′	0,6807	0,6293	0,8098	1,2349	0,7771	0,8901	**51° 00′**
10′	0,6836	0,6316	0,8146	1,2276	0,7753	0,8872	50′
20′	0,6865	0,6338	0,8195	1,2203	0,7735	0,8843	40′
30′	0,6894	0,6361	0,8243	1,2131	0,7716	0,8814	30′
40′	0,6923	0,6383	0,8292	1,2059	0,7698	0,8785	20′
50′	0,6952	0,6406	0,8342	1,1988	0,7679	0,8756	10′
40° 00′	0,6981	0,6428	0,8391	1,1918	0,7660	0,8727	**50° 00′**
10′	0,7010	0,6450	0,8441	1,1847	0,7642	0,8698	50′
20′	0,7039	0,6472	0,8491	1,1778	0,7623	0,8668	40′
30′	0,7069	0,6494	0,8541	1,1708	0,7604	0,8639	30′
40′	0,7098	0,6517	0,8591	1,1640	0,7585	0,8610	20′
50′	0,7127	0,6539	0,8642	1,1571	0,7566	0,8581	10′
41° 00′	0,7156	0,6561	0,8693	1,1504	0,7547	0,8552	**49° 00′**
10′	0,7185	0,6583	0,8744	1,1436	0,7528	0,8523	50′
20′	0,7214	0,6604	0,8796	1,1369	0,7509	0,8494	40′
30′	0,7243	0,6626	0,8847	1,1303	0,7490	0,8465	30′
40′	0,7272	0,6648	0,8899	1,1237	0,7470	0,8436	20′
50′	0,7301	0,6670	0,8952	1,1171	0,7451	0,8407	10′
42° 00′	0,7330	0,6691	0,9004	1,1106	0,7431	0,8378	**48° 00′**
10′	0,7359	0,6713	0,9057	1,1041	0,7412	0,8348	50′
20′	0,7389	0,6734	0,9110	1,0977	0,7392	0,8319	40′
30′	0,7418	0,6756	0,9163	1,0913	0,7373	0,8290	30′
40′	0,7447	0,6777	0,9217	1,0850	0,7353	0,8261	20′
50′	0,7476	0,6799	0,9271	1,0786	0,7333	0,8232	10′
43° 00′	0,7505	0,6820	0,9325	1,0724	0,7314	0,8203	**47° 00′**
10′	0,7534	0,6841	0,9380	1,0661	0,7294	0,8174	50′
20′	0,7563	0,6862	0,9435	1,0599	0,7274	0,8145	40′
30′	0,7592	0,6884	0,9490	1,0538	0,7254	0,8116	30′
40′	0,7621	0,6905	0,9545	1,0477	0,7234	0,8087	20′
50′	0,7650	0,6926	0,9601	1,0416	0,7214	0,8058	10′
44° 00′	0,7679	0,6947	0,9657	1,0355	0,7193	0,8029	**46° 00′**
10′	0,7709	0,6967	0,9713	1,0295	0,7173	0,7999	50′
20′	0,7738	0,6988	0,9770	1,0235	0,7153	0,7970	40′
30′	0,7767	0,7009	0,9827	1,0176	0,7133	0,7941	30′
40′	0,7796	0,7030	0,9884	1,0117	0,7112	0,7912	20′
50′	0,7825	0,7050	0,9942	1,0058	0,7092	0,7883	10′
45° 00′	0,7854	0,7071	1,0000	1,0000	0,7071	0,7854	**45° 00′**
		Coseno	Cotangente	Tangente	Seno	Radianes	Grados

APENDICE 3. CONVERSION DE UNIDADES*

MEDIDAS LINEALES

1 pulgada		= 2,5400 cm
12 pulgadas	= 1 pie	= 0,3048 m
3 pies	= 1 yarda	= 0,9144 m
5280 pies	= 1 milla	= 1,6093 km

MEDIDAS DE SUPERFICIE

1 $pulgada^2$		= 6,452 cm^2
144 $pulgadas^2$	= 1 pie^2	= 929 cm^2
9 $pies^2$	= 1 $yarda^2$	= 0,8361 m^2
4840 $yardas^2$	= 1 acre	= 0,4047 hect
640 acres	= 1 $milla^2$	= 2,59 km^2

MEDIDAS DE VOLUMEN

1 $pulgada^3$		= 16,387 cm^3
1728 $pulgadas^3$	= 1 pie^3	= 0,0283 m^3
27 $pies^3$	= 1 $yarda^3$	= 0,7646 m^3

PESO AVOIRDUPOIS

1 grano		= 0,0648 g
27,34 granos	= 1 dracena	= 1,772 g
16 dracenas	= 1 onza	= 28,3495 g
7000 granos o 16 onzas	= 1 libra	= 453,59 g
2000 libras	= 1 tonelada	= 907,18 kg

MEDIDAS DE ARIDOS

1 pinta		= 0,5505 l
2 pintas	= 1 cuarto	= 1,1012 l
8 cuartos	= 1 peck	= 8,8096 l
4 pecks	= 1 bushel	= 35,2383 l

MEDIDAS DE LIQUIDOS

1 gill	= 4 onzas fluidas	= 0,1183 l
4 gills	= 1 pinta	= 0,4732 l
2 pintas	= 1 cuarto	= 0,9463 l
4 cuartos	= 1 galón	= 3,7853 l

* Datos tomados del *Webster's New World Dictionary of the American Language*. (*N. del T.*)

APENDICE 4. EQUIVALENTES DECIMALES Y CONVERSION DE TEMPERATURAS

EQUIVALENTES DECIMALES–TABLA DE CONVERSION DE PULGADAS EN MILIMETROS

1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	Decimales	Milimetros	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	Decimales	Milimetros
					1	0,015625	0,396875						33	0,515625	13,096875
				1		0,031250	0,793750					17		0,531250	13,493750
					3	0,046875	1,190625						35	0,546875	13,890625
			1			0,062500	1,587500				9			0,562500	14,287500
					5	0,078125	1,984375						37	0,578125	14,684375
				3		0,093750	2,381250					19		0,593750	15,081250
					7	0,109375	2,778125						39	0,609375	15,478125
		1				0,125000	3,175000			5				0,625000	15,875000
					9	0,140625	3,571875						41	0,640625	16,271875
				5		0,156250	3,968750					21		0,656250	16,668750
					11	0,171875	4,365625						43	0,671875	17,065625
			3			0,187500	4,762500				11			0,687500	17,462500
					13	0,203125	5,159375						45	0,703125	17,859375
				7		0,218750	5,556250					23		0,718750	18,256250
					15	0,234375	5,953125						47	0,734375	18,653125
	1					0,250000	6,350000		3					0,750000	19,050000
					17	0,265625	6,746875						49	0,765625	19,446875
				9		0,281250	7,143750					25		0,781250	19,843750
					19	0,296875	7,540625						51	0,796875	20,240625
			5			0,312500	7,937500				13			0,812500	20,637500
					21	0,328125	8,334375						53	0,828125	21,034375
				11		0,343750	8,731250					27		0,843750	21,431250
					23	0,359375	9,128125						55	0,859375	21,828125
		3				0,375000	9,525000			7				0,875000	22,225000
					25	0,390625	9,921875						57	0,890625	22,621875
				13		0,406250	10,318750					29		0,906250	23,018750
					27	0,421875	10,715625						59	0,921875	23,415625
			7			0,437500	11,112500				15			0,937500	23,812500
					29	0,453125	11,509375						61	0,953125	24,209375
				15		0,468750	11,906250					31		0,968750	24,606250
					31	0,484375	12,303125						63	0,984375	25,003125
1						0,500000	12,700000	2	4	8	16	32	64	1,000000	25,400000

CONVERSION DE TEMPERATURAS

210 para 0			1 para 25			26 para 50			51 para 75			76 para 100			101 para 340			341 para 490			491 para 750		
C.	C. o F.	F.	C.	C. o F.	F.	C.	C. o F.	F.	C.	C. o F.	F.	C.	C. o F.	F.	C.	C. 0 F.	F.	C.	C. o F.	F.	C.	C. o F.	F.
—134	**—210**	—346	—17,2	**1**	33,8	— 3,33	**26**	78,8	10,6	**51**	123,8	24,4	**76**	168,8	43	**110**	230	177	**350**	662	260	**500**	932
—129	**—200**	—328	—16,7	**2**	35,6	— 2,78	**27**	80,6	11,1	**52**	125,6	25,0	**77**	170,6	49	**120**	248	182	**360**	680	266	**510**	950
—123	**—190**	—310	—16,1	**3**	37,4	— 2,22	**28**	82,4	11,7	**53**	127,4	25,6	**78**	172,4	54	**130**	266	188	**370**	698	271	**520**	968
—118	**—180**	—292	—15,6	**4**	39,2	— 1,67	**29**	84,2	12,2	**54**	129,2	26,1	**79**	174,2	60	**140**	284	193	**380**	716	277	**530**	986
—112	**—170**	—274	—15,0	**5**	41,0	— 1,11	**30**	86,0	12,8	**55**	131,0	26,7	**80**	176,0	66	**150**	302	199	**390**	734	282	**540**	1004
—107	**—160**	—256	—14,4	**6**	42,8	0,56	**31**	87,8	13,3	**56**	132,8	27,2	**81**	177,8	71	**160**	320	204	**400**	752	288	**550**	1022
—101	**—150**	—238	—13,9	**7**	44,6	0	**32**	89,6	13,9	**57**	134,6	27,8	**82**	179,6	77	**170**	338	210	**410**	770	293	**560**	1040
— 95,6	**—140**	—220	—13,3	**8**	46,4	0,56	**33**	91,4	14,4	**58**	136,4	28,3	**83**	181,4	82	**180**	356	216	**420**	788	299	**570**	1058
— 90,0	**—130**	—202	—12,8	**9**	48,2	1,11	**34**	93,2	15,0	**59**	138,2	28,9	**84**	183,2	88	**190**	374	221	**430**	806	304	**580**	1076
— 84,4	**—120**	—184	—12,2	**10**	50,0	1,67	**35**	95,0	15,6	**60**	140,0	29,4	**85**	185,0	93	**200**	392	227	**440**	824	310	**590**	1094
— 78,9	**—110**	—166	—11,7	**11**	51,8	2,22	**36**	96,8	16,1	**61**	141,8	30,0	**86**	186,8	99	**210**	410	232	**450**	842	316	**600**	1112
— 73,3	**—100**	—148	—11,1	**12**	53,6	2,78	**37**	98,6	16,7	**62**	143,6	30,6	**87**	188,6	100	**212**	413	238	**460**	860	321	**610**	1130
— 67,8	**— 90**	—130	—10,6	**13**	55,4	3,33	**38**	100,4	17,2	**63**	145,4	31,1	**88**	190,4	104	**220**	428	243	**470**	878	327	**620**	1148
— 62,2	**— 80**	—112	—10,0	**14**	57,2	3,89	**39**	102,2	17,8	**64**	147,2	31,7	**89**	192,2	110	**230**	446	249	**480**	896	332	**630**	1166
— 56,7	**— 70**	— 94	— 9,44	**15**	59,0	4,44	**40**	104,0	18,3	**65**	149,0	32,2	**90**	194,0	116	**240**	464	254	**490**	914	338	**640**	1184
— 51,1	**— 60**	— 76	— 8,89	**16**	60,8	5,00	**41**	105,8	18,9	**66**	150,8	32,8	**91**	195,8	121	**250**	482				343	**650**	1202
— 45,6	**— 50**	— 58	— 8,33	**17**	62,6	5,56	**42**	107,6	19,4	**67**	152,6	33,3	**92**	197,6	127	**260**	500				349	**660**	1220
— 40,0	**— 40**	— 40	— 7,78	**18**	64,4	6,11	**43**	109,4	20,0	**68**	154,4	33,9	**93**	199,4	132	**270**	518				354	**670**	1238
— 34,4	**— 30**	— 22	— 7,22	**19**	66,2	6,67	**44**	111,2	20,6	**69**	156,2	34,4	**94**	201,2	138	**280**	536				360	**680**	1256
— 28,9	**— 20**	— 4	— 6,67	**20**	68,0	7,22	**45**	113,0	21,1	**70**	158,0	35,0	**95**	203,0	143	**290**	554				366	**690**	1274
— 23,3	**— 10**	— 14	— 6,11	**21**	69,8	7,78	**46**	114,8	21,7	**71**	159,8	35,6	**96**	204,8	149	**300**	572				371	**700**	1292
— 17,8	**0**	— 32	— 5,56	**22**	71,6	8,33	**47**	116,6	22,2	**72**	161,6	36,1	**97**	206,6	154	**310**	590				377	**710**	1310
			— 5,00	**23**	73,4	8,89	**48**	118,4	22,8	**73**	163,4	36,7	**98**	208,4	160	**320**	608				382	**720**	1328
			— 4,44	**24**	75,2	9,44	**49**	120,2	23,3	**74**	165,2	37,2	**99**	210,2	166	**330**	626				388	**730**	1346
			— 3,89	**25**	77,0	10,0	**50**	122,0	23,9	**75**	167,0	37,8	**100**	212,0	171	**340**	644				393	**740**	1364
																					399	**750**	1382

NOTA: Los números en negrilla corresponden a las temperaturas Fahrenheit o Centigrada que se desean pasar a la otra escala. En la conversión de Fahrenheit a centigrados, la temperatura equivalente se encuentra en la columna de la izquierda y en el caso contrario en la columna de la derecha.

$$°F = \frac{9}{5}(°C) + 32$$

$$°C = \frac{5}{9}(°F - 32)$$

FACTORES DE INTERPOLACION

C.		F.	C.		F.
0,56	**1**	1,8	3,33	**6**	10,8
1,11	**2**	3,6	3,89	**7**	12,6
1,67	**3**	5,4	4,44	**8**	14,4
2,22	**4**	7,2	5,00	**9**	16,2
2,78	**5**	9,0	5,56	**10**	18,0

(Cortesia de Stephens-Adamson Manufacturing Co.)

APENDICE 5. GRAVEDADES Y PESOS ESPECIFICOS

Sustancia	Peso lb/pie³	Gravedad específica	Peso g/cm³
METALES, ALEACIONES Y MINERALES			
Acero laminado l	490	7,85	7,85
Aluminio fundido o forjado	165	2,55-2,75	2,64
Bronce, 7,9 a 14% de Sn	509	7,4-8,9	8,15
Bronce al aluminio	481	7,7	7,70
Cobre fundido o laminado	556	8,8-9,0	8,91
Chatarra de hierro	172	2,5-3,0	2,75
Estaño fundido o forjado	459	7,2-7,5	7,35
Hierro especular	468	7,5	7,50
Hierro ferrosilicio	437	6,7-7,3	7,00
Hierro forjado	485	7,6-7,9	7,77
Hierro fundido o en lingotes	450	7,2	7,21
Latón fundido o laminado	534	8,4-8,7	8,55
Magnesio, aleaciones	112	1,74-1,83	1,79
Manganeso	475	7,2-8,0	7,61
Mercurio	849	13,6	13,60
Metal monel	556	8,8-9,0	8,91
Mineral de cobre, piritas	262	4,1-4,3	4,20
Mineral de estaño, casiterita	418	6,4-7,0	6,70
Mineral de hierro, hematita	325	5,2	5,21
Mineral de hierro, hematita apilada	160-180	....	2,56-2,88
Mineral de hierro, hematita suelta	130-160	....	2,08-2,56
Mineral de hierro, limonita	237	3,6-4,0	3,80
Mineral de hierro, magnetita	315	4,9-5,2	5,04
Mineral de manganeso, pirolusita	259	3,7-4,6	4,15
Mineral de plomo, galena	465	7,3-7,6	7,45
Mineral de zinc, blenda	253	3,9-4,2	4,05
Niquel	565	8,9-9,2	9,05
Oro fundido o forjado	1205	19,25-19,3	19,30
Plata fundida o forjada	656	10,4-10,6	10,51
Platino fundido o forjado	1330	21,1-21,5	21,30
Plomo	710	11,37	11,37
Zinc fundido o laminado	440	6,9-7,2	7,05
OTROS SOLIDOS			
Algodón, lino o cáñamo	93	1,47-1,50	1,500
Almidón	96	1,53	1,538
Artículos de caucho	94	1,0-2,0	1,506
Azufre	125	1,93-2,07	2,002
Caucho, goma elástica	59	0,92-0,96	0,945
Cereales, avena suelta	32	....	0,513
Cereales, cebada suelta	39	....	0,625
Cereales, maíz o centeno sueltos	48	....	0,769
Cereales, trigo suelto	48	....	0,769
Cristal	184	2,90-3,00	2,948
Cuero	59	0,86-1,02	0,945
Grasas	58	0,90-0,97	0,929
Harina compactada	47	0,70-0,80	0,753
Harina suelta	28	0,40-0,50	0,449
Heno y paja embalados	20	....	0,320
Lana	82	1,32	1,314
Papas amontonadas	42	....	0,673
Papel	58	0,70-1,15	0,929
Sal de nitro	67	....	1,073
Sal granulada	48	....	0,769
Vidrio cilindrado o crown	161	2,45-2,72	2,579
Vidrio común	156	2,40-2,60	2,499

Sustancia	Peso lb/pie³	Gravedad específica	Peso g/cm³
MADERAS CURADAS			
Contenido de humedad en peso:			
Madera curada 15 a 20%			
Madera verde hasta 50%			
Abeto blanco o negro	27	0,40-0,46	0,433
Abeto oriental	25	0,40	0,401
Alamo	30	0,48	0,481
Algarrobo	46	0,73	0,737
Arce blanco	33	0,53	0,529
Arce duro	43	0,68	0,689
Castaño	41	0,66	0,657
Cedro blanco o rojo	22	0,32-0,38	0,352
Ciprés	30	0,48	0,481
Encina blanca	46	0,74	0,737
Encina perenne	59	0,95	0,945
Encina roja o negra	41	0,65	0,657
Fresno blanco o rojo	40	0,62-0,65	0,641
Nogal americano	49	0,74-0,84	0,785
Nogal negro	38	0,61	0,609
Olmo blanco	45	0,72	0,721
Picea	29	0,42-0,52	0,465
Pinabete	32	0,51	0,513
Pino amarillo de hoja corta	38	0,61	0,609
Pino amarillo de hoja larga	44	0,70	0,705
Pino blanco	26	0,41	0,417
Pino de Oregón	32	0,51	0,513
Pino gigante de California	26	0,42	0,417
Pino rojo	30	0,48	0,481
Roble castaño	54	0,86	0,865
LIQUIDOS			
Aceites minerales y lubricantes	57	0,90-0,93	0,913
Aceites vegetales	58	0,91-0,94	0,929
Acido muriático, 40%	75	1,20	1,202
Acido nítrico, 91%	94	1,50	1,506
Acido sulfúrico, 87%	112	1,80	1,794
Agua a 4°C (máxima densidad)	62,428	1,0	1,000
Agua a 100°C	59,830	0,9584	0,958
Agua de mar	64	1,02-1,03	1,025
Alcohol, 100%	49	0,79	0,785
Hielo	56	0,88-0,92	0,897
Lejía, 66%	106	1,70	1,698
Nieve recién caída	8	0,125	0,128
GASES			
Aire, 0°C. 760 mm	0,08071	1,0	$0,129 \times 10^{-2}$
Amoníaco	0,0478	0,5920	$0,076 \times 10^{-2}$
Dióxido de carbono	0,1234	1,5291	$0,198 \times 10^{-2}$
Gas de alumbrado	0,028-0,036	0,35-0,45	$0,044\text{-}0,058 \times 10^{-2}$
Gas natural	0,038-0,039	0,47-0,48	$0,061\text{-}0,062 \times 10^{-2}$
Hidrógeno	0,00559	0,0693	$0,0089 \times 10^{-2}$
Monóxido de carbono	0,0781	0,9673	$0,125 \times 10^{-2}$
Nitrógeno	0,0784	0,9714	$0,126 \times 10^{-2}$
Oxígeno	0,0892	1,1056	$0,143 \times 10^{-2}$
MAMPOSTERIA EN CANTERA			
Granito, sienita y gneis	165	2,3-3,0	2,64
Caliza y mármol	160	2,3-2,8	2,56
Piedra arenisca y arcillosa	140	2,1-2,4	2,24

La gravedad específica de sólidos y líquidos está referida al agua a 4°C y la de los gases al aire a 0°C y 7500 mm Hg. de presión. Los pesos específicos están calculados a partir de valores promedios de las gravedades específicas, excepto cuando se estipulan las condiciones de suelto, apilado o en bulto, etc.

(Cortesía del American Institute of Steel Construction.)

APENDICE 5. GRAVEDADES Y PESOS ESPECIFICOS (Continuación)

Sustancia	Peso lb/pie³	Gravedad específica	Peso gr/cm³
MAMPOSTERIA EN MORTERO			
Granito, sienita y gneis	155	2,2-2,8	2,48
Caliza y mármol	150	2,2-2,6	2,40
Piedra arenisca y arcillosa	130	2,0-2,2	2,08
MAMPOSTERIA ELABORADA Y SECA			
Granito, sienita y gneis	130	1,9-2,3	2,08
Caliza y mármol	125	1,9-2,1	2,00
Piedra arenisca y arcillosa	110	1,8-1,9	1,76
LADRILLOS			
Ladrillo prensado	140	2,2-2,3	2,24
Ladrillo ordinario	120	1,8-2,0	1,92
Ladrillo blando	100	1,5-1,7	1,60
CONCRETOS			
Cemento, piedra y arena	144	2,2-2,4	2,31
Cemento, escoria, etc.	130	1,9-2,3	2,08
Cemento, cenizas, etc.	100	1,5-1,7	1,60
OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCION			
Argamasa solidificada	103	1,4-1,9	1,65
Cal o yeso sueltos	53-56	....	0,85-1,03
Cemento portland solidificado	183	2,7-3,2	2,93
Cemento portland suelto	90	....	1,44
Chatarra	96	....	1,54
Escoria apilada	67-72	....	1,07-1,15
Escoria molida	49-55	....	0,78-0,88
Escoria tamizada	98-117	....	1,57-1,87
Escorias, cenizas	40-45	....	0,64-0,72
SUELOS EXCAVADOS			
Arcilla húmeda plástica	110	....	1,76
Arcilla seca	63	....	1,01
Arcilla y grava secas	100	....	1,60
Arena y grava húmedas	118-120	....	1,89-1,92
Arena y grava secas y compactadas	100-120	....	1,60-1,92
Arena y grava secas y sueltas	90-105	....	1,44-1,68
Lodo compactado	115	....	1,84
Lodo fluido	108	....	1,73
Ripio arenisco	90	....	1,44
Ripio de caliza	80-85	....	1,28-1,36
Ripio de pizarra	105	....	1,68
Tierra húmeda compactada	96	....	1,54
Tierra húmeda y floja	78	....	1,25
Tierra seca compactada	95	....	1,52
Tierra seca y floja	76	....	1,22
EXCAVACIONES ACUATICAS			
Arcilla	80	....	1,28
Arena, grava y arcilla	65	....	1,04
Arena y grava	60	....	0,96
Lodo	90	....	1,44
Ripio rocoso	65	....	1,04
Tierra	70	....	1,12
MINERALES			
Alabastro	159	2,3-2,8	2,55
Apatita	200	3,2	3,20
Asbesto	153	2,1-2,8	2,45
Baritina	281	4,50	4,50
Basalto	184	2,7-3,2	2,95
Bauxita	159	2,55	2,55
Bórax	109	1,7-1,8	1,75
Diorita	187	2,8-3,2	3,00
Dolomita	181	2,9	2,90
Esteatita, talco	169	2,6-2,8	2,71
Greda	137	1,8-2,6	2,19
Hornablenda	187	3,0	3,00
Magnesita	187	3,0	3,00
Mármol caliza	165	2,5-2,8	2,64
Ortoclasa	159	2,5-2,6	2,55
Pedernal	165	2,5-2,8	2,64
Piedra arenisca y arcillosa	147	2,2-2,5	2,35
Piedra pómez natural	40	0,37-0,90	0,64
Pizarra	175	0,7-0,9	2,80
Pórfido	172	2,6-2,9	2,76
Serpentina	159	2,4-2,7	2,55
Sienita	175	2,5-3,1	2,80
Tiza	137	1,8-2,6	2,19
PIEDRA TRITURADA			
Basalto, granito, gneis	96	....	1,54
Caliza, mármol, cuarzo	95	....	1,52
Dolerita, hornablenda	107	....	1,71
Piedra arenisca	82	....	1,31
Pizarra	92	....	1,47
SUSTANCIAS BITUMINOSAS			
Alquitrán bituminoso	75	1,20	1,20
Asfalto	81	1,1-1,5	1,30
Bencina	46	0,73-0,75	0,74
Carbón antracita	97	1,4-1,7	1,55
Carbón bituminoso	84	1,2-1,5	1,35
Carbón coque	75	1,0-1,4	1,20
Carbón de pino	23	0,28-0,44	0,37
Carbón de turba seco	47	0,65-0,85	0,75
Gasolina	42	0,66-0,69	0,67
Grafito	131	1,9-2,3	2,10
Lignita	78	1,1-1,4	1,25
Parafina	56	0,87-0,91	0,90
Petróleo	54	0,87	0,87
Petróleo refinado	50	0,79-0,82	0,80
Resina	69	1,07-1,15	1,11
CARBONES TRITURADOS			
Carbón antracita	47-58	....	0,75-0,93
Carbón bituminoso, lignita	40-54	....	0,64-0,87
Carbón de turba	20-26	....	0,32-0,22
Carbón coque	23-32	....	0,36-0,51

La gravedad específica de sólidos y líquidos está referida al agua a 4°C y la de los gases al aire a 0°C y 7500 mm Hg. de presión. Los pesos específicos están calculados a partir de valores promedios de las gravedades específicas, excepto cuando se estipulan las condiciones de suelto, apilado o en bulto, etc.

(Cortesía del American Institute of Steel Construction.)

APENDICE 6. CALIBRES DE ALAMBRE Y LAMINA

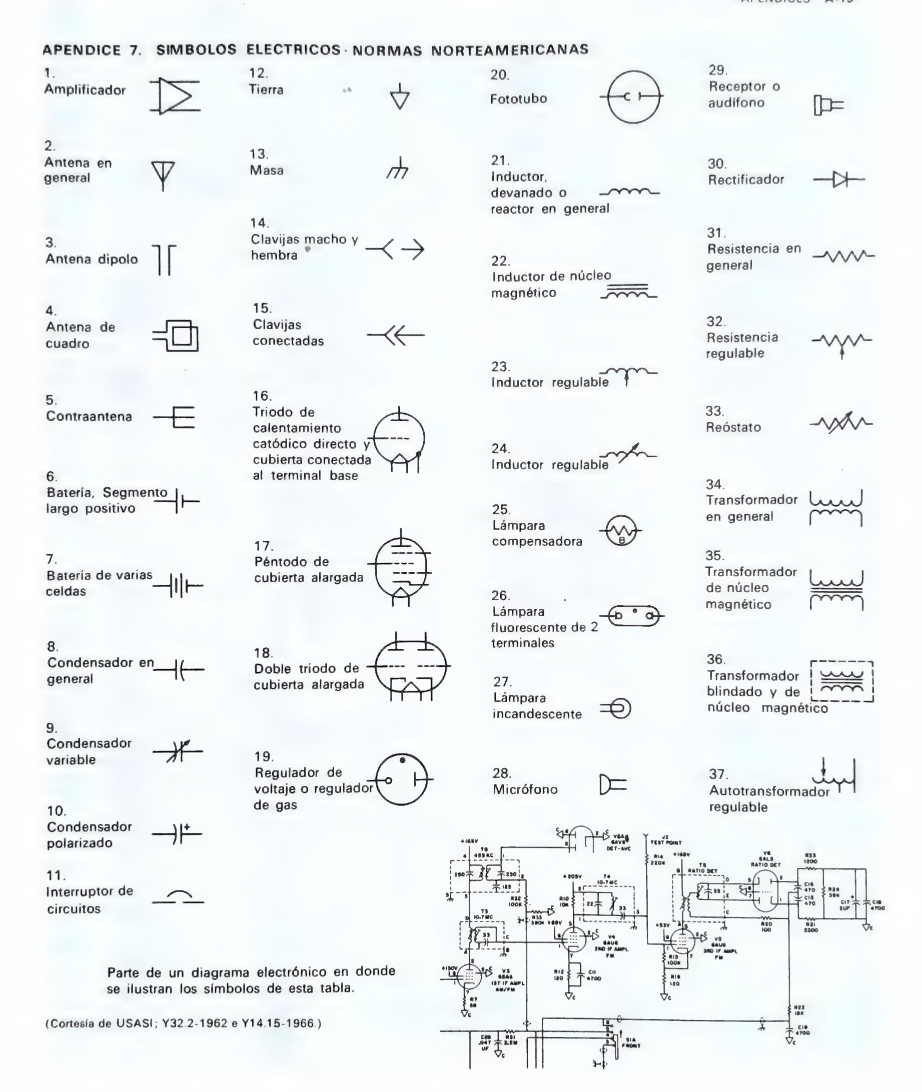
CALIBRES EN FRACCIONES DECIMALES DE PULGADA

Sistema	Calibre oficial de los Estados Unidos* (U.S. Standard Gauge)		Calibre para alambre de acero (U.S. Steel) (Wire Gauge)	Calibre americano o Brown & Sharpe para alambres	Calibre New Birmingham para láminas y flejes	Calibre británico imperial o legal inglés para alambres	Calibre Birmingham para alambres ferrosos	Sistema
Aplicación principal	Láminas y planchas livianas de acero sin revestimiento		Alambre de acero, excepto musical	Láminas y alambres no ferrosos	Láminas y flejes de hierro y acero	Alambre	Flejes, bandas y alambres	Aplicación principal
N.º del calibre	Peso Oz/pie	Espesor aprox. Pulgadas	Espesor en pulgadas					N.º del calibre
7/0's			0,4900		0,6666	0,500		7/0's
6/0's			0,4615	0,5800	0,625	0,464		6/0's
5/0's			0,4305	0,5165	0,5883	0,432	0,500	5/0's
4/0's			0,3938	0,4600	0,5416	0,400	0,454	4/0's
3/0's			0,3625	0,4096	0,500	0,372	0,425	3/0's
2/0's			0,3310	0,3648	0,4452	0,348	0,380	2/0's
0			0,3065	0,3249	0,3964	0,324	0,340	0
1			0,2830	0,2893	0,3532	0,300	0,300	1
2			0,2625	0,2576	0,3147	0,276	0,284	2
3	160	0,2391	0,2437	0,2294	0,2804	0,252	0,259	3
4	150	0,2242	0,2253	0,2043	0,250	0,232	0,238	4
5	140	0,2092	0,2070	0,1819	0,2225	0,212	0,220	5
6	130	0,1943	0,1920	0,1620	0,1981	0,192	0,203	6
7	120	0,1793	0,1770	0,1443	0,1764	0,176	0,180	7
8	110	0,1644	0,1620	0,1285	0,1570	0,160	0,165	8
9	100	0,1495	0,1483	0,1144	0,1398	0,144	0,148	9
10	90	0,1345	0,1350	0,1019	0,1250	0,128	0,134	10
11	80	0,1196	0,1205	0,0907	0,1113	0,116	0,120	11
12	70	0,1046	0,1055	0,0808	0,0991	0,104	0,109	12
13	60	0,0897	0,0915	0,0720	0,0882	0,092	0,095	13
14	50	0,0747	0,0800	0,0641	0,0785	0,080	0,083	14
15	45	0,0673	0,0720	0,0571	0,0699	0,072	0,072	15
16	40	0,0598	0,0625	0,0508	0,0625	0,064	0,065	16
17	36	0,0538	0,0540	0,0453	0,0556	0,056	0,058	17
18	32	0,0478	0,0475	0,0403	0,0495	0,048	0,049	18
19	28	0,0418	0,0410	0,0359	0,0440	0,040	0,042	19
20	24	0,0359	0,0348	0,0320	0,0392	0,036	0,035	20
21	22	0,0329	0,0318	0,0285	0,0349	0,032	0,032	21
22	20	0,0299	0,0286	0,0253	0,0313	0,028	0,028	22
23	18	0,0269	0,0258	0,0226	0,0278	0,024	0,025	23
24	16	0,0239	0,0230	0,0201	0,0248	0,022	0,022	24
25	14	0,0209	0,0204	0,0179	0,0220	0,020	0,020	25
26	12	0,0179	0,0181	0,0159	0,0196	0,018	0,018	26
27	11	0,0164	0,0173	0,0142	0,0175	0,0164	0,016	27
28	10	0,0149	0,0162	0,0126	0,0156	0,0148	0,014	28
29	9	0,0135	0,0150	0,0113	0,0139	0,0136	0,013	29
30	8	0,0120	0,0140	0,0100	0,0123	0,0124	0,012	30
31	7	0,0105	0,0132	0,0089	0,0110	0,0116	0,010	31
32	6,5	0,0097	0,0128	0,0080	0,0098	0,0108	0,009	32
33	6	0,0090	0,0118	0,0071	0,0087	0,0100	0,008	33
34	5,5	0,0082	0,0104	0,0063	0,0077	0,0092	0,007	34
35	5	0,0075	0,0095	0,0056	0,0069	0,0084	0,005	35
36	4,5	0,0067	0,0090	0,0050	0,0061	0,0076	0,004	36
37	4,25	0,0064	0,0085	0,0045	0,0054	0,0068		37
38	4	0,0060	0,0080	0,0040	0,0048	0,0060		38
39			0,0075	0,0035	0,0043	0,0052		39
40			0,0070	0,0031	0,0039	0,0048		40

* El calibre oficial de los Estados Unidos (U.S. Standard Gauge) es una escala de pesos en onzas por pie cuadrado como aparece tabulada. Los espesores aproximados que se indican constituyen las normas de fabricación del American Iron and Steel Institute y están basados en acero de 501,81 lb/pie³ (496 de peso verdadero más un 2,5% de exceso promedio en área y espesor). La nomenclatura normalizada (A.I.S.I.) para productos laminados de acero al carbono aparece a continuación:

Anchura en pulgadas	Espesores en pulgadas							
	0,2500 y mayores	0,2499 a 0,2031	0,2030 a 0,1875	0,1874 a 0,0568	0,0567 a 0,0344	0,0343 a 0,0255	0,0254 a 0,0142	0,0141 y menores
Hasta 3½ incl.	Barra	Barra	Fleje	Fleje	Fleje	Fleje	Lámina	Lámina
De 3½ a 6 incl.	Barra	Barra	Fleje	Fleje	Fleje	Lámina	Lámina	Lámina
De 6 a 12 incl.	Chapa	Fleje	Fleje	Fleje	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina
De 12 a 32 incl.	Chapa	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina	Chapa negra
De 32 a 48 incl.	Chapa	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina
De 48	Chapa	Chapa	Chapa	Lámina	Lámina	Lámina	Lámina	—

(Cortesía del American Institute of Steel Construction.)



Parte de un diagrama electrónico en donde se ilustran los símbolos de esta tabla.

(Cortesía de USASI; Y32.2-1962 e Y14.15-1966.)

APENDICE 8. SIMBOLOS CONVENCIONALES NORTEAMERICANOS PARA TUBERIAS

SIMBOLOS GRAFICOS PARA ACCESORIOS Y VALVULAS.					
	Con bridas	Con extremos roscados	De enchufe	Con extremos soldados (Sold. fuerte)	Con extremos soldados (Sold. dulce)
1 BUJE			6 4		
2 TAPON					
3 CRUZ					
3.1 COPLANAR DE 90°					
4 CRUCE					
5 CODO					
5.1 45 GRADOS					
5.2 90 GRADOS					
5.3 HACIA ABAJO					
5.4 HACIA ARRIBA					
5.5 DE GRAN RADIO	GR	GR			
5.6 DE REDUCCION	2 4	2 4			2 4

(Cortesia de USASI; Z32.2.3-1949.)

APENDICE 8. SIMBOLOS CONVENCIONALES NORTEAMERICANOS PARA TUBERIAS (continuación)

	Con bridas	Con extremos roscados	De enchufe	Con extremos soldados (Sold. fuerte)	Con extremos soldados (Sold. dulce)
6 JUNTA					
6.1 DE EMPALME					
6.2 DE EXPANSION					
7 DERIVACION LATERAL					
8 REDUCCION					
8.1 CONCENTRICA					
8·2 EXCENTRICA					
9 UNIONES CON BUJE					
10 TE					
10.1 (COPLANAR DE 90°)					
10·2 (SALIDA HACIA ARRIBA)					
10·3 (SALIDA HACIA ABAJO)					
11 UNION					
12 VALVULA DE RETENCION					
12.1 (PASO RECTO)					

APENDICE 8. SIMBOLOS CONVENCIONALES NORTEAMERICANOS PARA TUBERIAS (continuación)

	Con bridas	Con extremos roscados	De enchufe	Con extremos soldados (Sold. fuerte)	Con extremos soldados (Sold. dulce)
13 ESPITA					
14 VALVULA DE COMPUERTA					
15 VALVULA DE GLOBO					
16 VALVULA DE SEGURIDAD					
17 GRIFO	LOS MISMOS	SIMBOLOS	DE 14		

SIMBOLOS GRAFICOS PARA TUBERIAS

AIRE COMPRIMIDO	——— A ———
AGUA FRIA	— - — - — - — - —
GAS	—— G ——— G ——
TUBERIA SANITARIA (DESCUBIERTA)	———————
TUBERIA SANITARIA (ENTERRADA)	— — — — — — —

APENDICE 9. SIMBOLOS DE SOLDADURA DE LA AMERICAN WELDING SOCIETY

Simbolos Básicos y su significado Posicional

SIGNIFICADO POSICIONAL	FILETE	ENDENTADA	PUNTOS O RELIEVES	CORDON SUPERFICIAL	DE BORDES A RAS O DESPLAZADAS I	ACANALADURAS V	DE BISEL	U	J	DE FLANCOS EMPINADOS	DE CANTO	CORDON DE REFUERZO EN EL REVES	RECONSTRUCCION DE SUPERFICIES	BRIDA A TOPE	BRIDA DE VERTICE	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
AL LADO DE LA FLECHA												SIMBOLO DE ACANALADURA	NO SE USA				NO SE USA		NO SE USA	NO SE USA
AL OTRO LADO												SIMBOLO DE ACANALADURA	NO SE USA				NO SE USA		NO SE USA	NO SE USA
A AMBOS LADOS		NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA								NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA
NO TIENE SENTIDO HABLAR DE UNO U OTRO LADO DE LA FLECHA	NO SE USA	NO SE USA			NO SE USA EXCEPTO PARA BORDES A RAS O DESPLAZADOS	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA		NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA		NO SE USA		

Simbolos adicionales

SOLDADURA CONTINUA ALREDEDOR	SOLDADURA EN LA OBRA	SOLDADURA A TRAVES	FORMA DEL CORDON PLANO	REFORZADO	ALIGERADO

Localización de los elementos de un símbolo de soldadura

SIMBOLO DE ACABADO
SIMBOLO DE FORMA
ESPESOR DE RELLENO EN AGUJEROS Y RANURAS
ACOTACIONES O RESISTENCIA EN ALGUNOS CASOS
LINEA DE REFERENCIA
ANGULO DE ABERTURA INCLUYENDO EL AVELLANADO DE AGUJEROS Y RANURAS
LONGITUD DE LA SOLDADURA
PASO (DISTANCIA CENTRO A CENTRO DE LOS SEGMENTOS DE SOLDADURA)
FLECHA QUE UNE LA LINEA DE REFERENCIA CON EL "LADO DE LA FLECHA" DE LA JUNTA O CON LA PIEZA DEL "LADO DE LA FLECHA"
E A T S R L–P (N)
LADOS AMBOS AL OTRO LADO LADO DE LA FLECHA
ESPECIFICACIONES PROCEDIMIENTOS U OTRAS NOTAS
COLA (PUEDE OMITIRSE CUANDO NO HAY NOTAS)
SIMBOLO BASICO O INFORMACION DETALLADA
LOS ELEMENTOS EN ESTE ESPACIO DEBEN CONSERVAR ESTA DISPOSICION AUN CUANDO SE INTERCAMBIE LA POSICION DE LA FLECHA Y LA COLA
SIMBOLO DE SOLDADURA EN LA OBRA
SIMBOLO DE SOLDADURA CONTINUA ALREDEDOR
NUMERO DE PUNTOS O RELIEVES

Simbolos caracteristicos

SIMBOLO DE CORDON DE REFUERZO EN EL REVES
CUALQUIERA DE LOS SIMBOLOS DE SOLDADURA DE CANAL SENCILLO APLICABLES

SIMBOLO DE SOLDADURA EN V CON INDICACION DE PENETRACION EN LA RAIZ
TAMAÑO: PROFUNDIDAD DEL BISEL MAS SALIENTE DE LA RAIZ
1/4 + 1/8 0 80°
SEPARACION DE LA RAIZ
ANGULO DE ABERTURA

SIMBOLO DE SOLDADURA DE RELIEVES
SE DEBE USAR LA NOTA APROPIADA PARA ESTE PROCEDIMIENTO
TAMAÑO (RESISTENCIA EN LB /RELIEVE) O DIAMETRO (PARA RELIEVES CIRCULARES)
RPW 500 6 (4)
PASO (DISTANCIA ENTRE CENTROS) DE LAS SOLDADURAS
NUMERO DE PUNTOS

SIMBOLO DE SOLDADURA PARA RECONSTRUCCION DE SUPERFICIES
ESPESOR (ALTURA DEL MATERIAL DEPOSITADO) SU OMISION INDICA QUE NO SE REQUIERE NINGUN ESPESOR EN ESPECIAL
EN EL DIBUJO SE DEBE INDICAR ORIENTACION, LOCALIZACION Y DEMAS DIMENSIONES DIFERENTES DEL ESPESOR

SIMBOLO DE SOLDADURA EN K
LA OMISION DEL TAMAÑO INDICA QUE LA PROFUNDIDAD TOTAL DEL BISEL ES IGUAL AL ESPESOR DE LAS PIEZAS
LA FLECHA APUNTA HACIA LA PIEZA BISELADA
SEPARACION DE LA RAIZ
ANGULO DE ABERTURA
1/8 50°

SIMBOLO DE CORDON DE SOLDADURA SUPERFICIAL
TAMAÑO (ANCHURA DEL CORDON) O RESISTENCIA EN LB POR UNIDAD DE LONGITUD
SE DEBE USAR NOTA PARA INDICAR EL PROCEDIMIENTO DESEADO
RSEW 30° 3-9
LONGITUD DE LA SOLDADURA O LOS SEGMENTOS. SU OMISION INDICA QUE LA SOLDADURA SE EXTIENDE HASTA ENCONTRAR CAMBIOS ABRUPTOS DE DIRECCION O ESTA ACOTADA EN EL DIBUJO
PASO (DISTANCIA ENTRE CENTROS) DE LOS SEGMENTOS

SIMBOLO DE SOLDADURA DE DOBLE FILETE
TAMAÑO DEL FILETE
ESPECIFICACION, PROCEDIMIENTO U OTRA OBSERVACION
10 1/4 12
LONGITUD. SU OMISION INDICA QUE LA SOLDADURA SE EXTIENDE HASTA ENCONTRAR CAMBIOS ABRUPTOS DE DIRECCION O ESTA ACOTADA EN EL DIBUJO

SIMBOLOS DE SOLDADURAS COMBINADAS
1/2 1/8 60° T-3

SIMBOLO DE SOLDADURA DE PIEZAS A RAS O DESPLAZADAS
FW
SE DEBE USAR NOTA PARA INDICAR EL PROCEDIMIENTO DESEADO

SIMBOLO DE SOLDADURA DE FILETE INTERRUMPIDO EN CADENA
LONGITUD DE LOS SEGMENTOS
PASO (DISTANCIA ENTRE CENTROS) DE LOS SEGMENTOS
TAMAÑO DEL FILETE
2-6 2-6

SIMBOLO DE SOLDADURA ENDENTADA EN AGUJEROS
TAMAÑO (DIAMETRO EN LA RAIZ DEL AGUJERO)
INCLUYE EL ANGULO DE AVELLANADO
PASO (DISTANCIA ENTRE CENTROS) DE LAS SOLDADURAS
ALTURA DE RELLENO. SU OMISION INDICA RELLENO COMPLETO
1/2 6 45°

SIMBOLO DE SOLDADURA EN I
LA OMISION DEL TAMAÑO INDICA PENETRACION COMPLETA DE LA JUNTA

SIMBOLO DE SOLDADURA DE FILETE INTERRUMPIDO EN ZIG-ZAG
TAMAÑO DEL FILETE
PASO (DISTANCIA ENTRE CENTROS) DE LOS SEGMENTOS
LONGITUD DE LOS SEGMENTOS
3-8 3-8

SIMBOLO DE SOLDADURA ENDENTADA EN RANURAS
ALTURA DE RELLENO. SU OMISION INDICA RELLENO COMPLETO
ORIENTACION, LOCALIZACION Y DEMAS COTAS DEBEN APARECER EN EL DIBUJO

SIMBOLO DE SOLDADURA DE FLANCOS EMPINADOS Y DE CANTO
EL TAMAÑO SE EXTIENDE SOLO HASTA LOS PUNTOS DE TANGENCIA
SEPARACION EN LA RAIZ

SIMBOLO DE SOLDADURA EN V
TAMAÑO (PROFUNDIDAD DEL BISEL)
SEPARACION DE LA RAIZ
ANGULO DE ABERTURA
1/4 60°

SIMBOLO DE SOLDADURA DE PUNTOS
NUMERO DE PUNTOS
TAMAÑO (DIAMETRO DE LAS SOLDADURAS) O RESISTENCIA (EN LB /PUNTO)
(5) .25" 4 RSW
PASO (DISTANCIA ENTRE CENTROS) DE LOS PUNTOS
SE DEBE USAR NOTA PARA INDICAR EL PROCEDIMIENTO DESEADO

SIMBOLO DE SOLDADURAS DE BRIDAS A TOPE O DE VERTICE
RADIO
TAMAÑO DE LA SOLDADURA
ALTURA SOBRE EL PUNTO DE TANGENCIA

Simbolos adicionales

SIMBOLO DE SOLDADURA CONTINUA ALREDEDOR
ESTE SIMBOLO INDICA QUE LA SOLDADURA SE EXTIENDE COMPLETAMENTE ALREDEDOR DE LA JUNTA

SIMBOLO DE SOLDADURA EN LA OBRA
ESTE SIMBOLO INDICA QUE LA SOLDADURA DEBE EFECTUARSE EN UN SITIO DIFERENTE AL DE FABRICACION INICIAL

SIMBOLO DE SOLDADURA A TRAVES
ESTE SIMBOLO NO SE ACOTA (EXCEPTO SU ALTURA)
CUALQUIER SIMBOLO APLICABLE

SIMBOLO DE ACABADO A RAS
ESTE SIMBOLO SEÑALA LA CARA DE LA SOLDADURA QUE DEBE APLANARSE. CUANDO SE USA SIN SIMBOLO DE TEXTURA INDICA ACABADO PLANO DE SOLDADURA SIN TRATAMIENTO SUBSECUENTE
SIMBOLO DE TEXTURA (NORMAS DEL USUARIO). INDICA EL METODO PERO NO LA CALIDAD DEL ACABADO

SIMBOLO DE ACABADO REFORZADO O CONVEXO
ESTE SIMBOLO SEÑALA LA CARA DE LA SOLDADURA QUE DEBE CONFORMARSE
SIMBOLO DE TEXTURA (NORMAS DEL USUARIO) INDICA EL METODO PERO NO LA CALIDAD DEL ACABADO

Juntas básicas - Identificación del lado de la flecha y del otro lado de la junta y de la pieza del lado de la flecha y del otro lado de la junta

JUNTA A TOPE: FLECHA DEL SIMBOLO DE SOLDADURA; "LADO DE LA FLECHA" DE LA JUNTA; JUNTA; "OTRO LADO" DE LA JUNTA

JUNTA ANGULAR: "LADO DE LA FLECHA" DE LA JUNTA; "OTRO LADO" DE LA JUNTA; FLECHA DEL SIMBOLO DE SOLDADURA; JUNTA

JUNTA EN T: FLECHA DEL SIMBOLO DE SOLDADURA; "LADO DE LA FLECHA" DE LA JUNTA; "OTRO LADO" DE LA JUNTA

JUNTA A SOLAPE: "OTRO LADO" DE LA JUNTA; "LADO DE LA FLECHA" DE LA JUNTA; FLECHA DEL SIMBOLO DE SOLDADURA; PIEZA DEL "LADO DE LA FLECHA"; PIEZA DEL "OTRO LADO"

JUNTA FRONTAL: "LADO DE LA FLECHA" DE LA JUNTA; FLECHA DEL SIMBOLO DE SOLDADURA; JUNTA; "OTRO LADO" DE LA JUNTA

NOTAS DE DESIGNACION DE PROCESOS DE SOLDADURA

CAW . . . Soldadura por arco con electrodo de carbón
CW . . . Soldadura en frío
DB . . . Soldadura fuerte por inmersión
DFW . . . Soldadura por difusión
EBW . . . Soldadura por haz electrónico
EW . . . Soldadura "Electroslag"
EXW . . . Soldadura por explosión
FB . . . Soldadura fuerte en horno
FCAW . . . Soldadura por arco de flujo central
FOW . . . Soldadura por forja
FRW . . . Soldadura por fricción
FW . . . Soldadura por centelleo
GMAW . . . Soldadura por arco con electrodo metálico y gas protector
GTAW . . . Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y gas protector
IB . . . Soldadura fuerte por inducción
IRB . . . Soldadura fuerte por rayos infrarrojos
IW . . . Soldadura por inducción
LBW . . . Soldadura por láser
OAW . . . Soldadura oxiacetilénica
OHW . . . Soldadura oxhídrica
PAW . . . Soldadura por arco de plasma
PEW . . . Soldadura por percusión
PGW . . . Soldadura por presión con gas protector
RB . . . Soldadura fuerte por resistencia
RPW . . . Soldadura por relieves
RSEW . . . Soldadura continua por resistencia
RSW . . . Soldadura de punto por resistencia
SAW . . . Soldadura por arco en inmersión
SMAW . . . Soldadura por arco con electrodo metálico recubierto
SW . . . Soldadura con tachos
TB . . . Soldadura autógena
TW . . . Soldadura por termita
USW . . . Soldadura por ultrasonido
UW . . . Soldadura sobre bordes desnivelados

NOTAS DE DESIGNACION DE PROCEDIMIENTOS DE CORTE

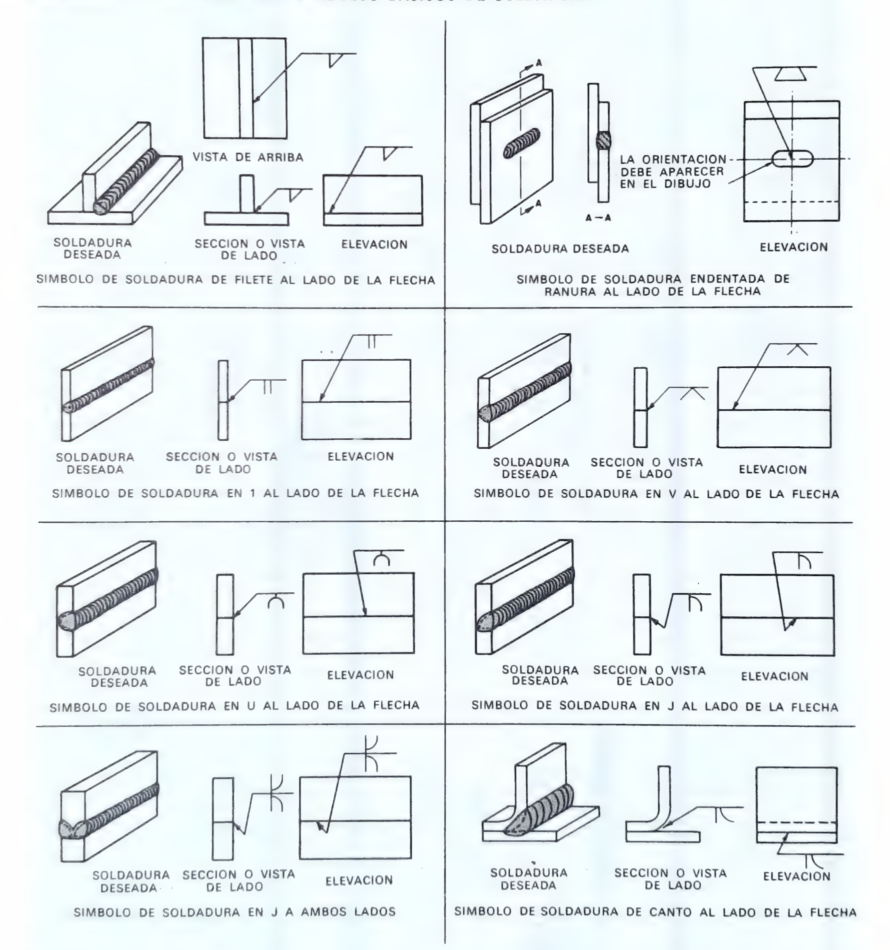
AAC . . . Corte por arco con electrodo de carbón al aire
AC . . . Corte por arco
ACC . . . Corte por arco al oxígeno
CAC . . . Corte por arco con electrodo de carbono
FOC . . . Corte químico
MAC . . . Corte por arco con electrodo metálico
OC . . . Corte por oxígeno
PAC . . . Corte por arco de plasma
POC . . . Corte por metal pulverizado

SIMBOLOS POCO USUALES. USE LOS SIMBOLOS RECOMENDADOS CON NOTAS EN LA COLA

AWS A2.1-68

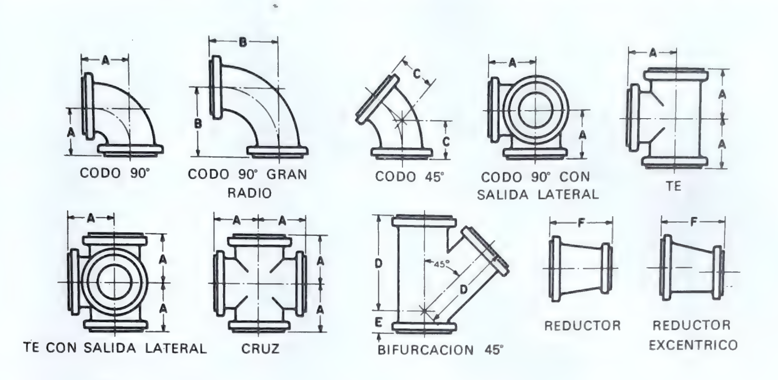
N. del T. Los símbolos de soldadura empleados en el sistema europeo siguen las normas DIN 1911 y 1912 ó UNI 1307-1309

APENDICE 10. OPERACIONES Y SIMBOLOS BASICOS DE SOLDADURA



(Cortesía de USASI; Y32.3-1959.)

APENDICE 11. ACCESORIOS DE FUNDICION CON BRIDA. NORMA NORTEAMERICANA DE 250 LIBRAS



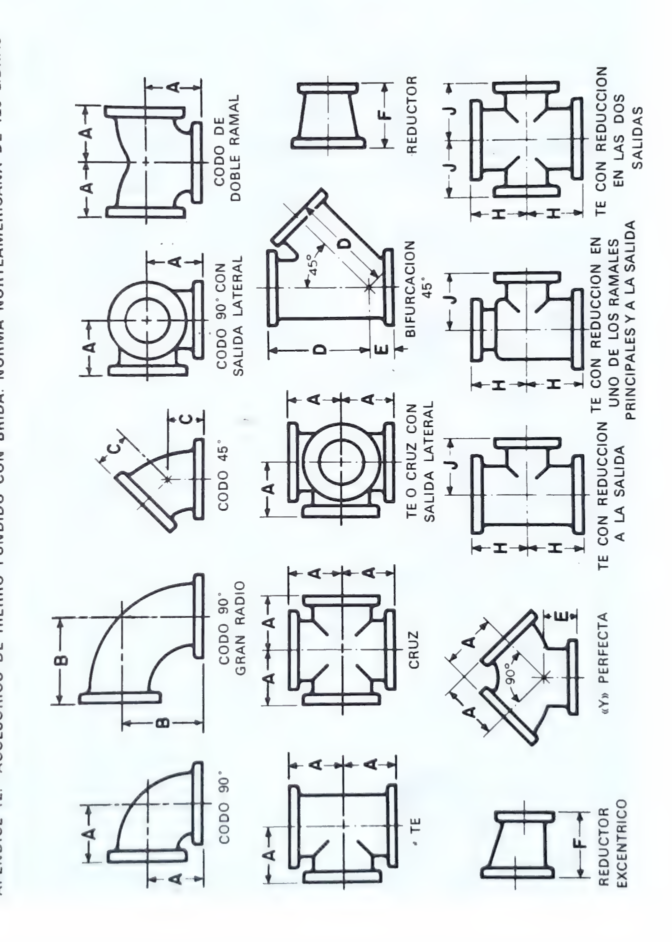
DIMENSIONES

Tamaño nominal del tubo		Bridas						Accesorios				Dimensiones literales											
		Diámetro		Espesor (min.)		Diámetro circunferencia saliente		Diámetro interior (min.)		Espesor de la pared		Centro a cara						Centro a cara lateral		Centro a superficie de contacto		Cara a cara	
												A		B		C		D		E		F	
pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm
1	25,4	4 7/8	124	2 11/16	17,5	2 11/16	68	1	25,4	7/16	11	4	102	5	127	2	51	6 1/2	165	2	51	—	—
1 1/4	32	5 1/4	133	3 1/16	19	3 1/16	78	1 1/4	32	7/16	11	4 1/4	107	5 1/2	140	2 1/2	64	7 1/4	184	2 1/4	57	—	—
1 1/2	38	6 1/8	156	3 9/16	20,6	3 9/16	90	1 1/2	38	7/16	11	4 1/2	114	6	152	2 3/4	70	8 1/2	216	2 1/2	64	—	—
2	51	6 1/2	165	4 3/16	22	4 3/16	106	2	51	7/16	11	5	127	6 1/2	165	3	76	9	229	2 1/2	64	5	127
2 1/2	64	7 1/2	190	4 15/16	25,4	4 15/16	125	2 1/2	64	1/2	13	5 1/2	140	7	178	3 1/2	89	10 1/2	267	2 1/2	64	5 1/2	140
3	76	8 1/4	210	5 11/16	28,6	5 11/16	148	3	76	9/16	14	6	152	7 3/4	197	3 1/2	89	11	279	3	76	6	152
3 1/2	89	9	229	6 5/16	30,2	6 5/16	160	3 1/2	89	9/16	14	6 1/2	165	8 1/2	216	4	102	12 1/2	318	3	76	6 1/2	165
4	102	10	254	6 15/16	31,8	6 15/16	176	4	102	5/8	16	7	178	9	229	4 1/2	114	13 1/2	343	3	76	7	178
5	127	11	279	8 5/16	35	8 5/16	211	5	127	11/16	17,5	8	203	10 1/4	260	5	127	15	381	3 1/2	89	8	203
6	152	12 1/2	318	9 11/16	36,5	9 11/16	249	6	152	3/4	19	8 1/2	216	11 1/2	292	5 1/2	140	17 1/2	445	4	102	9	229
8	203	15	381	11 15/16	41,3	11 15/16	303	8	203	13/16	21	10	254	14	356	6	152	20 1/2	521	5	127	11	279
10	254	17 1/2	445	14 1/16	47,6	14 1/16	356	10	254	15/16	24	11 1/2	292	16 1/2	419	7	178	24	610	5 1/2	140	12	304
12	305	20 1/2	521	16 7/16	51	16 7/16	418	12	305	1	25,4	13	330	19	483	8	203	27 1/2	698	6	152	14	356
14	355	23	584	18 15/16	54	18 15/16	481	13 1/4	343	1 1/8	28,5	15	381	21 1/2	546	8 1/2	216	31	787	6 1/2	165	16	406
16	406	25 1/2	648	21 1/16	57	21 1/16	535	15 1/4	387	1 1/4	32	16 1/2	419	24	609	9 1/2	241	34 1/2	876	7 1/2	190	18	457
18	457	28	711	23 5/16	60	23 5/16	581	17	432	1 3/8	35	18	457	26 1/2	673	10	254	37 1/2	952	8	203	19	483
20	508	30 1/2	775	25 9/16	63,5	25 9/16	649	19	483	1 1/2	63,5	19 1/2	492	29	737	10 1/2	267	40 1/2	1029	8 1/2	216	20	508
24	610	36	914	30 5/16	70	30 5/16	768	23	584	1 5/8	41	22 1/2	571	34	864	12	305	47 1/2	1210	10	254	24	610
30	762	43	1092	37 3/16	76	37 3/16	945	29	738	2	51	27 1/2	698	41 1/2	1054	15	381	—	—	—	—	30	762

Dimensiones en pulgadas y milimetros.

(Cortesia de USASI: B16. 1-1967.)

APENDICE 12. ACCESORIOS DE HIERRO FUNDIDO CON BRIDA. NORMA NORTEAMERICANA DE 125 LIBRAS



DIMENSIONES

Tamaño nominal del tubo		Bridas: Diámetro		Bridas: Espesor (min.)		Generales: Diámetro interior de los accesorios		Generales: Espesor de pared		Accesorios de diámetro uniforme: Centro a cara A		Centro a cara B		Centro a cara C		Centro a cara D		Centro a cara E		Cara a cara F		Accesorios reductores: Tes y cruces: Tamaño de salida y menor		Centro a cara: Cte. Princp. H		Centro a cara: Salida J	
pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm	pg	mm
1	25,4	4 1/4	108	7/16	11	1	25,4	5/16	8	3 1/2	89	5	127	1 3/4	44	5 3/4	146	1 3/4	44	—	—	Las tes y cruces reductoras de 16 pulgadas o menos tienen las mismas dimensiones centro a cara de los accesorios de diámetro uniforme de tamaño nominal correspondientes a la boca mayor.					
1 1/4	32	4 5/8	117	1/2	13	1 1/4	32	5/16	8	3 3/4	95	5 1/2	140	2	51	6 1/4	159	1 3/4	44	—	—						
1 1/2	38	5	127	9/16	14	1 1/2	38	5/16	8	4	102	6	152	2 1/4	57	7	178	2	51	—	—						
2	51	6	152	5/8	16	2	51	5/16	8	4 1/2	114	6 1/2	165	2 1/2	64	8	203	2 1/2	64	5	127						
2 1/2	64	7	178	11/16	17	2 1/2	64	5/16	8	5	127	7	178	3	76	9 1/2	241	2 1/2	64	5 1/2	140						
3	76	7 1/2	191	3/4	19	3	76	3/8	10	5 1/2	140	7 3/4	197	3	76	10	254	3	76	6	152						
3 1/2	89	8 1/2	216	13/16	21	3 1/2	89	7/16	11	6	152	8 1/2	216	3 1/2	89	11 1/2	292	3	76	6 1/2	165						
4	102	9	229	15/16	24	4	102	1/2	13	6 1/2	165	9	229	4	102	12	305	3	76	7	178						
5	127	10	254	15/16	24	5	127	1/2	13	7 1/2	191	10 1/4	260	4 1/2	114	13 1/2	343	3 1/2	89	8	203						
6	152	11	279	1	25,4	6	152	9/16	14	8	203	11 1/2	292	5	127	14 1/2	368	3 1/2	89	9	229						
8	203	13 1/2	343	1 1/8	29	8	203	5/8	16	9	229	14	356	5 1/2	140	17 1/2	445	4 1/2	114	11	279						
10	254	16	406	1 3/16	30	10	254	3/4	19	11	279	16 1/2	419	6 1/2	165	20 1/2	521	5	127	12	305						
12	305	19	483	1 1/4	32	12	305	13/16	21	12	305	19	483	7 1/2	191	24 1/2	622	5 1/2	140	14	356						
14	356	21	533	1 3/8	35	14	356	7/8	22	14	356	21 1/2	546	7 1/2	191	27	686	6	152	16	406						
16	406	23 1/2	597	1 7/16	37	16	406	1	25,4	15	381	24	610	8	203	30	762	6 1/2	165	18	457	pg	mm	pg	mm	pg	mm
18	457	25	635	1 9/16	40	18	457	1 1/16	27	16 1/2	419	26 1/2	673	8 1/2	216	32	813	7	178	19	482	12	305	13	330	15 1/2	394
20	508	27 1/2	699	1 11/16	43	20	508	1 1/8	29	18	457	29	737	9 1/2	241	35	889	8	203	20	508	14	356	14	356	17	432
24	610	32	813	1 7/8	48	24	610	1 1/4	32	22	559	34	864	11	279	40 1/2	1029	9	229	24	610	16	406	15	635	19	483
30	762	38 3/4	984	2 1/8	54	30	762	1 7/16	37	25	635	41 1/2	1054	15	381	49	1245	10	254	30	762	20	508	18	457	23	584
36	914	46	1168	2 3/8	60	36	914	1 5/8	41	28*	711	49	1244	18	457	—	—	—	—	36	911	24	610	20	508	26	660
42	1067	53	1346	2 5/8	67	42	1067	1 13/16	46	31*	787	56 1/2	1435	21	533	—	—	—	—	42	1067	24	610	23	584	30	762
48	1219	59 1/2	1511	2 3/4	70	48	1219	2	51	34*	864	64	1626	24	610	—	—	—	—	48	1219	30	762	26	660	34	864

Dimensiones en pulgadas y milímetros.

(Cortesía de USASI; B16. 1-1967.)

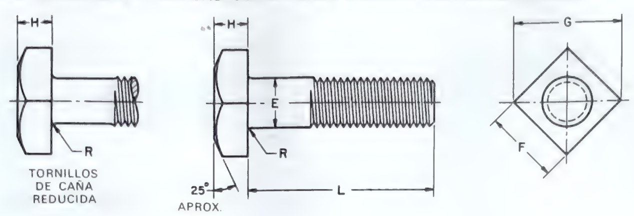
APENDICE 13. SISTEMAS DE ROSCAS UNIFICADO Y NACIONAL AMERICANO

SERIES DE ROSCAS

Tamaño nominal	Diámetro exterior (pulgadas)	Ordinaria	Roscas por pulgada					Tamaño nominal
			Fina	Extrafina	Serie 8	Serie 12	Serie 16	
0	0,0600	—	80	—	—	—	—	0
1	0,0730	64	72	—	—	—	—	1
2	0,0860	56	64	—	—	—	—	2
3	0,0990	48	56	—	—	—	—	3
4	0,1120	40	48	—	—	—	—	4
5	0,1250	40	44	—	—	—	—	5
6	0,1380	32	40	—	—	—	—	6
8	0,1640	32	36	—	—	—	—	8
10	0,1900	24	32	—	—	—	—	10
12	0,2160	24	28	32	—	—	—	12
1/4	0,2500	20	28	32	—	—	—	1/4
5/16	0,3125	18	24	32	—	—	—	5/16
3/8	0,3750	16	24	32	—	—		3/8
7/16	0,4375	14	20	28	—	—	—	7/16
1/2	0,5000	13	20	28	—	12	—	1/2
9/16	0,5625	12	18	24	—	12	—	9/16
5/8	0,6250	11	18	24	—	12	—	5/8
11/16	0,6875	—	—	24	—	12	—	11/16
3/4	0,7500	10	16	20	—	12	16	3/4
13/16	0,8125	—	—	20	—	12	16	13/16
7/8	0,8750	9	14	20	—	12	16	7/8
15/16	0,9375	—	—	20	—	12	16	15/16
1	1,0000	—	14 **	—	—	—	—	1
1	1,0000	8	12	20	8	12	16	1
1 1/16	1,0625	—	—	18	—	12	16	1 1/16
1 1/8	1,1250	7	12	18	8	12	16	1 1/8
1 3/16	1,1875	—	—	18	—	12	16	1 3/16
1 1/4	1,2500	7	12	18	8	12	16	1 1/4
1 5/16	1,3125	—	—	18	—	12	16	1 5/16
1 3/8	1,3750	6	12	18	8	12	16	1 3/8
1 7/16	1,4375	—	—	18	—	12	16	1 7/16
1 1/2	1,5000	6	12	18	8	12	16	1 1/2
1 9/16	1,5625	—		18	—	—	16	1 9/16
1 5/8	1,6250	—	—	18	8	12	16	1 5/8
1 11/16	1,6875	—	—	18	—	—	16	1 11/16
1 3/4	1,7500	5	—	16	8	12	16	1 3/4
1 13/16	1,8125	—	—	—	—	—	16	1 13/16
1 7/8	1,8750	—	—	—	8	12	16	1 7/8
1 15/16	1,9375	—	—	—	—	—	16	1 15/16
2	2,0000	4 1/2	—	16	8	12	16	2
2 1/16	2,0625	—	—	—	—	—	16	2 1/16
2 1/8	2,1250	—	—	—	8	12	16	2 1/8
2 3/16	2,1875	—	—	—	—	—	16	2 3/16
2 1/4	2,2500	4 1/2	—	—	8	12	16	2 1/4
2 5/16	2,3125	—			—	—	16	2 5/16
2 3/8	2,3750	—			—	12	16	2 3/8
2 7/16	2,4375	—			—	—	16	2 7/16
2 1/2	2,5000	4			8	12	16	2 1/2
2 5/8	2,6250	—			—	12	16	2 5/8
2 3/4	2,7500	4			8	12	16	2 3/4
2 7/8	2,8750	—			—	12	16	2 7/8
3	3,0000	4			8	12	16	3
3 1/8	3,1250	—			—	12	16	3 1/8
3 1/4	3,2500	4			8	12	16	3 1/4
3 3/8	3,3750	—			—	12	16	3 3/8
3 1/2	3,5000	4			8	12	16	3 1/2
3 5/8	3,6250	—			—	12	16	3 5/8
3 3/4	3,7500	4			8	12	16	3 3/4
3 7/8	3,8750	—			—	12	16	3 7/8
4	4,0000	4			8	12	16	4
4 1/4	4,2500	—			8	12	16	4 1/4
4 1/2	4,5000	—			8	12	16	4 1/2
4 3/4	4.7500	—			8	12	16	4 3/4
5	5,0000	—	—	—	8	12	16	5
5 1/4	5,2500	—		—	8	12	16	5 1/4
5 1/2	5,5000	—	—	—	8	12	16	5 1/2
5 3/4	5,7500	—	—	—	8	12	16	5 3/4
6	6,0000	—	—	—	8	12	16	6

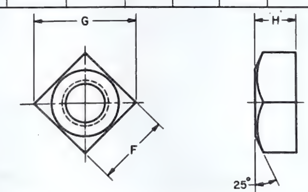
* Los símbolos de serie aplicables a algunas roscas específicas se pueden consultar en las tablas dimensionales ASA Bl.1.
(Cortesía de USASI; Y14.6-1957.)

APENDICE 14. TORNILLOS Y TUERCAS CUADRADOS. NORMAS NORTEAMERICANAS



Dimensiones de tornillos de cabeza cuadrada (pulgadas)

Diámetro nominal		Diámetro de la caña E	Entrecaras F			Entrearistas G		Ancho de la cabeza H			Radio del filete R
		Máx.	Básico	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Básico	Máx.	Mín.	Máx.
1/4	0,2500	0,260	3/8	0,3750	0,362	0,530	0,498	11/64	0,188	0,156	0,031
5/16	0,3125	0,324	1/2	0,5000	0,484	0,707	0,665	13/64	0,220	0,186	0,031
3/8	0,3750	0,388	9/16	0,5625	0,544	0,795	0,747	1/4	0,268	0,232	0,031
7/16	0,4375	0,452	5/8	0,6250	0,603	0,884	0,828	19/64	0,316	0,278	0,031
1/2	0,5000	0,515	3/4	0,7500	0,725	1,061	0,995	21/64	0,348	0,308	0,031
5/8	0,6250	0,642	15/16	0.9375	0,906	1,326	1,244	27/64	0,444	0,400	0,062
3/4	0,7500	0,768	1 1/8	1,1250	1,088	1,591	1,494	1/2	0,524	0,476	0,062
7/8	0.8750	0,895	1 5/16	1,3125	1,269	1.856	1,742	19/32	0,620	0,568	0,062
1	1,0000	1,022	1 1/2	1,5000	1,450	2,121	1,991	21/32	0,684	0,628	0,093
1 1/8	1,1250	1,149	1 11/16	1,6875	1,631	2,386	2,239	3/4	0,780	0,720	0,093
1 1/4	1,2500	1,277	1 7/8	1,8750	1,812	2,652	2,489	27/32	0,876	0,812	0,093
1 3/8	1,3750	1,404	2 1/16	2,0625	1,994	2,917	2,738	29/32	0,940	0,872	0,093
1 1/2	1,5000	1,531	2 1/4	2,2500	2,175	3,182	2,986	1	1,036	0,964	0,093

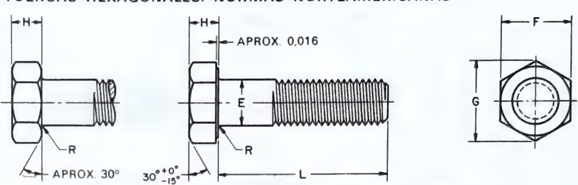


Dimensiones de tuercas cuadradas (pulgadas)

Diámetro nominal o básico exterior de la rosca		Entrecaras F			Entrearistas G		Ancho H		
		Básico	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Básico	Máx.	Mín.
1/4	0,2500	7/16	0,4375	0,425	0,619	0,584	7/32	0,235	0,203
5/16	0,3125	9/16	0,5625	0,547	0,795	0,751	17/64	0,283	0,249
3/8	0,3750	5/8	0,6250	0,606	0,884	0,832	21/64	0,346	0,310
7/16	0,4375	3/4	0,7500	0,728	1,061	1,000	3/8	0,394	0,356
1/2	0,5000	13/16	0,8125	0,788	1.149	1,082	7/16	0,458	0,418
5/8	0,6250	1	1,0000	0,969	1,414	1,330	35/64	0,569	0,525
3/4	0,7500	1 1/8	1,1250	1,088	1,591	1,494	21/32	0,680	0,632
7/8	0,8750	1 5/16	1,3125	1,269	1,856	1,742	49/64	0,792	0,740
1	1,0000	1 1/2	1,5000	1,450	2,121	1,991	7/8	0,903	0,847
1 1/8	1,1250	1 11/16	1,6875	1,631	2,386	2,239	1	1,030	0,970
1 1/4	1,2500	1 7/8	1,8750	1,812	2,652	2,489	1 3/32	1,126	1,062
1 3/8	1,3750	2 1/16	2,0625	1,994	2,917	2,738	1 13/64	1,237	1,169
1 1/2	1,5000	2 1/4	2,2500	2,175	3,182	2,986	1 5/16	1,348	1,276

(Cortesía de USASI; B18.2. 1-1965 y B18.2.2.-1965.)

APENDICE 15. TORNILLOS Y TUERCAS HEXAGONALES. NORMAS NORTEAMERICANAS



Dimensiones de tornillos pulidos de cabeza hexagonal

Diámetro nominal		Diámetro de la caña E		Entrecaras F			Entrearistas G		Ancho de la cabeza H			Radio del filete R	
		Máx.	Mín.	Básico	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Básico	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1/4	0,2500	0,2500	0,2450	7/16	0,4375	0,428	0,505	0,488	5/32	0,163	0,150	0,025	0,015
5/16	0,3125	0,3125	0,3065	1/2	0,5000	0,489	0,577	0,557	13/64	0,211	0,195	0,025	0,015
3/8	0,3750	0,3750	0,3690	9/16	0,5625	0,551	0,650	0,628	15/64	0,243	0,226	0,025	0,015
7/16	0,4375	0,4375	0,4305	5/8	0,6250	0,612	0,722	0,698	9/32	0,291	0,272	0,025	0,015
1/2	0,5000	0,5000	0,4930	3/4	0,7500	0,736	0,866	0,840	5/16	0,323	0,302	0,025	0,015
9/16	0,5625	0,5625	0,5545	13/16	0,8125	0,798	0,938	0,910	23/64	0,371	0,348	0,045	0,020
5/8	0,6250	0,6250	0,6170	15/16	0,9375	0,922	1,083	1,051	25/64	0,403	0,378	0,045	0,020
3/4	0,7500	0,7500	0,7410	1 1/8	1,1250	1,100	1,299	1,254	15/32	0,483	0,455	0,045	0,020
7/8	0,8750	0,8750	0,8660	1 5/16	1,3125	1,285	1,516	1,465	35/64	0,563	0,531	0,065	0,040
1	1,0000	1,0000	0,9900	1 1/2	1,5000	1,469	1,732	1,675	39/64	0,627	0,591	0,095	0,060
1 1/8	1,1250	1,1250	1,1140	1 11/16	1,6875	1,631	1,949	1,859	11/16	0,718	0,658	0,095	0,060
1 1/4	1,2500	1,2500	1,2390	1 7/8	1,8750	1,812	2,165	2,066	25/32	0,813	0,749	0,095	0,060
1 3/8	1,3750	1,3750	1,3630	2 1/16	2,0625	1,994	2,382	2,273	27/32	0,878	0,810	0,095	0,060
1 1/2	1,5000	1,5000	1,4880	2 1/4	2,2500	2,175	2,598	2,480	15/16	0,974	0,902	0,095	0,060
1 3/4	1,7500	1,7500	1,7380	2 5/8	2,6250	2,538	3,031	2,893	1 3/32	1,134	1,054	0,095	0,060
2	2,0000	2,0000	1,9880	3	3,0000	2,900	3,464	3,306	1 7/32	1,263	1,175	0,095	0,060
2 1/4	2,2500	2,2500	2,2380	3 3/8	3,3750	3,262	3,897	3,719	1 3/8	1,423	1,327	0,095	0,060
2 1/2	2,5000	2,5000	2,4880	3 3/4	3,7500	3,625	4,330	4,133	1 17/32	1,583	1,479	0,095	0,060
2 3/4	2,7500	2,7500	2,7380	4 1/8	4,1250	3,988	4,763	4,546	1 11/16	1,744	1,632	0,095	0,060
3	3,0000	3,0000	2,9880	4 1/2	4,5000	4,350	5,196	4,959	1 7/8	1,935	1,815	0,095	0,060

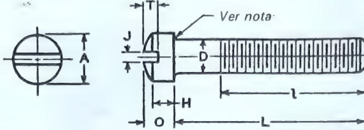
Dimensiones de tuercas hexagonales de biselado sencillo y doble (pulgadas)

Diámetro nominal exterior de la rosca		Entrecaras F			Entrearistas G		Espesor biselado doble H			Dimensiones de tuercas H		
		Básico	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Básico	Máx.	Mín.	Básico	Máx.	Mín.
1/4	0,2500	7/16	0,4375	0,428	0,505	0,488	7/32	0,226	0,212	5/32	0,163	0,150
5/16	0,3125	1/2	0,5000	0,489	0,577	0,557	17/64	0,273	0,258	3/16	0,195	0,180
3/8	0,3750	9/16	0,5625	0,551	0,650	0,628	21/64	0,337	0,320	7/32	0,227	0,210
7/16	0,4375	11/16	0,6875	0,675	0,794	0,768	3/8	0,385	0,365	1/4	0,260	0,240
1/2	0,5000	3/4	0,7500	0,736	0,866	0,840	7/16	0,448	0,427	5/16	0,323	0,302
9/16	0,5625	7/8	0,8750	0,861	1,010	0,982	31/64	0,496	0,473	5/16	0,324	0,301
5/8	0,6250	15/16	0,9375	0,922	1,083	1,051	35/64	0,559	0,535	3/8	0,387	0,363
3/4	0,7500	1 1/8	1,1250	1,088	1,299	1,240	41/64	0,665	0,617	27/64	0,446	0,398
7/8	0,8750	1 5/16	1,3125	1,269	1,516	1,447	3/4	0,776	0,724	31/64	0,510	0,458
1	1,0000	1 1/2	1,5000	1,450	1,732	1,653	55/64	0,887	0,831	35/64	0,575	0,519
1 1/8	1,1250	1 11/16	1,6875	1,631	1,949	1,859	31/32	0,999	0,939	39/64	0,639	0,579
1 1/4	1,2500	1 7/8	1,8750	1,812	2,165	2,066	1 1/16	1,094	1,030	23/32	0,751	0,687
1 3/8	1,3750	2 1/16	2,0625	1,994	2,382	2,273	1 11/64	1,206	1,138	25/32	0,815	0,747
1 1/2	1,5000	2 1/4	2,2500	2,175	2,598	2,480	1 9/32	1,317	1,245	27/32	0,880	0,808

En el sistema métrico, las normas equivalentes más usadas son DIN 555 y 934 o UNI 205-210, 894, 895. *(N. del T.)* (Cortesía de USASI; B18.2.1-1965 y B18.2.2-1965.)

APENDICE 16. TORNILLOS ALOMADOS Y REDONDOS. NORMAS NORTEAMERICANAS

Tornillos alomados

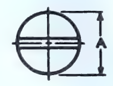


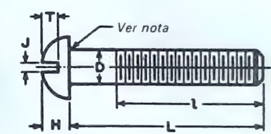
Diámetro nominal	D		A		H		O		J		T	
	Diámetro de la caña		Diámetro de la cabeza		Altura de la cabeza		Altura total de la cabeza		Ancho de la ranura		Profundidad de la ranura	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1/4	0,250	0,245	0,375	0,363	0,172	0,157	0,216	0,194	0,075	0,064	0,097	0,077
5/16	0,3125	0,307	0,437	0,424	0,203	0,186	0,253	0,230	0,084	0,072	0,115	0,090
3/8	0,375	0,369	0,562	0,547	0,250	0,229	0,314	0,284	0,094	0,081	0,142	0,112
7/16	0,4375	0,431	0,625	0,608	0,297	0,274	0,368	0,336	0,094	0,081	0,168	0,133
1/2	0,500	0,493	0,750	0,731	0,328	0,301	0,413	0,376	0,106	0,091	0,193	0,153
9/16	0,5625	0,555	0,812	0,792	0,375	0,346	0,467	0,427	0,118	0,102	0,213	0,168
5/8	0,625	0,617	0,875	0,853	0,422	0,391	0,521	0,478	0,133	0,116	0,239	0,189
3/4	0,750	0,742	1,000	0,976	0,500	0,466	0,612	0,566	0,149	0,131	0,283	0,223
7/8	0,875	0,866	1,125	1,098	0,594	0,556	0,720	0,668	0,167	0,147	0,334	0,264
1	1,000	0,990	1,312	1,282	0,656	0,612	0,803	0,743	0,188	0,166	0,371	0,291

Dimensiones en pulgadas.

Radio del filete:
Diámetros nominales de 1/4 a 3/8" incl. 0,016 mín., 0,031 máx.
de 7/16 a 9/16" incl. 0,016 mín., 0,047 máx.
de 5/8 a 1" incl. 0,031 mín., 0,062 máx.

Tornillos redondos





Diámetro nominal	D		A		H		J		T	
	Diámetro de la caña		Diámetro de la cabeza		Altura de la cabeza		Ancho de la ranura		Profundidad de la ranura	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1/4	0,250	0,245	0,437	0,418	0,191	0,175	0,075	0,064	0,117	0,097
5/16	0,3125	0,307	0,562	0,540	0,245	0,226	0,084	0,072	0,151	0,126
3/8	0,375	0,369	0,625	0,603	0,273	0,252	0,094	0,081	0,168	0,138
7/16	0,4375	0,431	0,750	0,725	0,328	0,302	0,094	0,081	0,202	0,167
1/2	0,500	0,493	0,812	0,786	0,354	0,327	0,106	0,091	0,218	0,178
9/16	0,5625	0,555	0,937	0,909	0,409	0,378	0,118	0,102	0,252	0,207
5/8	0,625	0,617	1,000	0,970	0,437	0,405	0,133	0,116	0,270	0,220
3/4	0,750	0,742	1,250	1,215	0,546	0,507	0,149	0,131	0,338	0,278

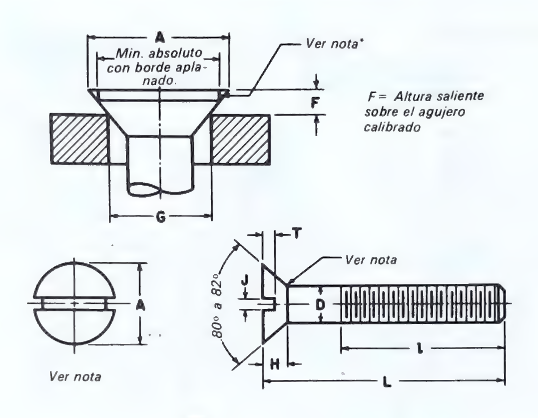
Dimensiones en pulgadas.

Radio del filete:
Diámetros nominales de 1/4 a 3/8" incl. 0,016 mín., 0,031 máx.
de 7/16 a 9/16" incl. 0,016 mín., 0,047 máx.
de 5/8 a 1" incl. 0,031 mín., 0,062 máx.

En el sistema métrico, las normas equivalentes más usadas son DIN 67, 86 y UNI 252-255. *(N. del T.)*

(Cortesía de USASI; B18.6.2-1956.)

APENDICE 17. TORNILLOS AVELLANADOS. NORMAS NORTEAMERICANAS



Diámetro nominal	D		A			G	H	J		T		F	
	Diámetro de la caña		Diámetro de la cabeza			Calibre del agujero	Altura de la cabeza	Ancho de la ranura		Profundidad de la ranura		Altura saliente sobre el agujero calibrado	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Mín. absol. con borde aplanado		Promedio	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1/4	0,250	0,245	0,500	0,477	0,452	0,4245	0,140	0,075	0,064	0,068	0,045	0,0452	0,0307
5/16	0,3125	0,307	0,625	0,598	0,567	0,5376	0,177	0,084	0,072	0,086	0,057	0,0523	0,0354
3/8	0,375	0,369	0,750	0,720	0,682	0,6507	0,210	0,094	0,081	0,103	0,068	0,0594	0,0401
7/16	0,4375	0,431	0,8125	0,780	0,736	0,7229	0,210	0,094	0,081	0,103	0,068	0,0649	0,0448
1/2	0,500	0,493	0,875	0,841	0,791	0,7560	0,210	0,106	0,091	0,103	0,068	0,0705	0,0495
9/16	0,5625	0,555	1,000	0,962	0,906	0,8691	0,244	0,118	0,102	0,120	0,080	0,0775	0,0542
5/8	0,625	0,617	1,125	1,083	1,020	0,9822	0,281	0,133	0,116	0,137	0,091	0,0846	0,0588
3/4	0,750	0,742	1,375	1,326	1,251	1,2085	0,352	0,149	0,131	0,171	0,115	0,0987	0,0682
7/8	0,875	0,866	1,625	1,568	1,480	1,4347	0,423	0,167	0,147	0,206	0,138	0,1128	0,0776
1	1,000	0,990	1,875	1,811	1,711	1,6610	0,494	0,188	0,166	0,240	0,162	0,1270	0,0870
1 1/8	1,125	1,114	2,062	1,992	1,880	1,8262	0,529	0,196	0,178	0,257	0,173	0,1401	0,0964
1 1/4	1,250	1,239	2,312	2,235	2,110	2,0525	0,600	0,211	0,193	0,291	0,197	0,1542	0,1056
1 3/8	1,375	1,363	2,562	2,477	2,340	2,2787	0,665	0,226	0,208	0,220	0,220	0,1684	0,1151
1 1/2	1,500	1,488	2,812	2,720	2,570	2,5050	0,742	0,258	0,240	0,360	0,244	0,1825	0,1245

Dimensiones en pulgadas.

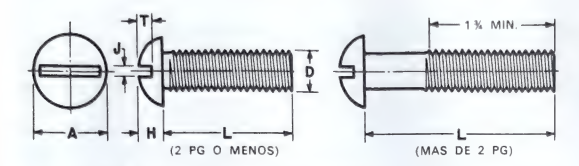
Los valores máximos y mínimos de A corresponden a los casos teóricos de bordes agudos.

El radio del filete no debe exceder 0,4 máx. D.

* El borde de la cabeza puede ser plano como se indica o ligeramente redondeado.

(Cortesía de USASI; B18.6.2-1956.)

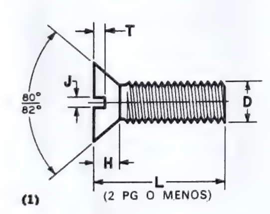
APENDICE 18. TORNILLOS PARA MAQUINA. NORMAS NORTEAMERICANAS



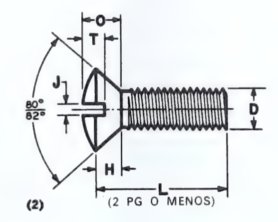
Dimensiones de tornillos redondos para máquinas

Tamaño nominal	D Diámetro del tornillo	A Ancho de la cabeza		H Altura de la cabeza		J Profundidad de la ranura		T Ancho de la ranura	
	Básico	Máx.	Min	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
0	0,0600	0,113	0,099	0,053	0,043	0,023	0,016	0,039	0,029
1	0,0730	0,138	0,122	0,061	0,051	0,026	0,019	0,044	0,033
2	0,0860	0,162	0,146	0,069	0,059	0,031	0,023	0,048	0,037
3	0,0990	0,187	0,169	0,078	0,067	0,035	0,027	0,053	0,040
4	0,1120	0,211	0,193	0,086	0,075	0,039	0,031	0,058	0,044
5	0,1250	0,236	0,217	0,095	0,083	0,043	0,035	0,063	0,047
6	0,1380	0,260	0,240	0,103	0,091	0,048	0,039	0,068	0,051
8	0,1640	0,309	0,287	0,120	0,107	0,054	0,045	0,077	0,058
10	0,1900	0,359	0,334	0,137	0,123	0,060	0,050	0,087	0,065
12	0,2160	0,408	0,382	0,153	0,139	0,067	0,056	0,096	0,073
1/4	0,2500	0,472	0,443	0,175	0,160	0,075	0,064	0,109	0,082
5/16	0,3125	0,590	0,557	0,216	0,198	0,084	0,072	0,132	0,099
3/8	0,3750	0,708	0,670	0,256	0,237	0,094	0,081	0,155	0,117
7/16	0,4375	0,750	0,707	0,328	0,307	0,094	0,081	0,196	0,148
1/2	0,5000	0,813	0,766	0,355	0,332	0,106	0,091	0,211	0,159
9/16	0,5625	0,938	0,887	0,410	0,385	0,118	0,102	0,242	0,183
5/8	0,6250	1,000	0,944	0,438	0,411	0,133	0,116	0,258	0,195
3/4	0.7500	1.250	1,185	0,547	0,516	0,149	0,131	0,320	0,242

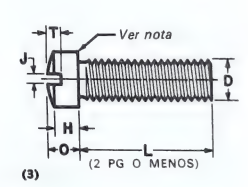
Dimensiones en pulgadas.



(1)



(2)



(3)

Otros tres tipos de tornillos se ilustran arriba y a la izquierda: (1) avellanados, (2) alomados y (3) gota de sebo. Las dimensiones de estos tipos de tornillos no se dan en este texto, pero tienen mucha relación con la tabla de los tornillos redondos. La norma USASI; B18.6.3-1962 ofrece la información pertinente a estos tipos de tornillos.

(Cortesía de USASI; B18.6.3-1962.)

APENDICE 19. AJUSTES DE FUNCIONAMIENTO. NORMAS NORTEAMERICANAS

Medidas nominales Pulgadas		Clase RC 1			Clase RC 2			Clase RC 3			Clase RC 4		
		Limites de tolerancia	Diferencias nominales		Limites de tolerancia	Diferencias nominales		Limites de tolerancia	Diferencias nominales		Limites de tolerancia	Diferencias nominales	
De	Hasta		Agujero H5	Eje g4		Agujero H6	Eje g5		Agujero H7	Eje f6		Agujero H8	Eje f7
0 —	0,12	0,1 0,45	+ 0,2 0	— 0,1 — 0,25	0,1 0,55	+ 0,25 0	— 0,1 — 0,3	0,3 0,95	+ 0,4 0	— 0,3 — 0,55	0,3 1,3	+ 0,6 0	— 0,3 — 0,7
0,12 —	0,24	0,15 0,5	+ 0,2 0	— 0,15 — 0,3	0,15 0,65	+ 0,3 0	— 0,15 — 0,35	0,4 1,12	+ 0,5 0	— 0,4 — 0,7	0,4 1,6	+ 0,7 0	— 0,4 — 0,9
0,24 —	0,40	0,2 0,6	+ 0,25 0	— 0,2 — 0,35	0,2 0,85	+ 0,4 0	— 0,2 — 0,45	0,5 1,5	+ 0,6 0	— 0,5 — 0,9	0,5 2,0	+ 0,9 0	— 0,5 — 1,1
0,40 —	0,71	0,25 0,75	+ 0,3 0	— 0,25 — 0,45	0,25 0,95	+ 0,4 0	— 0,25 — 0,55	0,6 1,7	+ 0,7 0	— 0,6 — 1,0	0,6 2,3	+ 1,0 0	— 0,6 — 1,3
0,71 —	1,19	0,3 0,95	+ 0,4 0	— 0,3 — 0,55	0,3 1,2	+ 0,5 0	— 0,3 — 0,7	0,8 2,1	+ 0,8 0	— 0,8 — 1,3	0,8 2,8	+ 1,2 0	— 0,8 — 1,6
1,19 —	1,97	0,4 1,1	+ 0,4 0	— 0,4 — 0,7	0,4 1,4	+ 0,6 0	— 0,4 — 0,8	1,0 2,6	+ 1,0 0	— 1,0 — 1,6	1,0 3,6	+ 1,6 0	— 1,0 — 2,0
1,97 —	3,15	0,4 1,2	+ 0,5 0	— 0,4 — 0,7	0,4 1,6	+ 0,7 0	— 0,4 — 0,9	1,2 3,1	+ 1,2 0	— 1,2 — 1,9	1,2 4,2	+ 1,8 0	— 1,2 — 2,4
3,15 —	4,73	0,5 1,5	+ 0,6 0	— 0,5 — 0,9	0,5 2,0	+ 0,9 0	— 0,5 — 1,1	1,4 3,7	+ 1,4 0	— 1,4 — 2,3	1,4 5,0	+ 2,2 0	— 1,4 — 2,8
4,73 —	7,09	0,6 1,8	+ 0,7 0	— 0,6 — 1,1	0,6 2,3	+ 1,0 0	— 0,6 — 1,3	1,6 4,2	+ 1,6 0	— 1,6 — 2,6	1,6 5,7	+ 2,5 0	— 1,6 — 3,2
7,09 —	9,85	0,6 2,0	+ 0,8 0	— 0,6 — 1,2	0,6 2,6	+ 1,2 0	— 0,6 — 1,4	2,0 5,0	+ 1,8 0	— 2,0 — 3,2	2,0 6,6	+ 2,8 0	— 2,0 — 3,8
9,85 —	12,41	0,8 2,3	+ 0,9 0	— 0,8 — 1,4	0,8 2,9	+ 1,2 0	— 0,8 — 1,7	2,5 5,7	+ 2,0 0	— 2,5 — 3,7	2,5 7,5	+ 3,0 0	— 2,5 — 4,5
12,41 —	15,75	1,0 2,7	+ 1,0 0	— 1,0 — 1,7	1,0 3,4	+ 1,4 0	— 1,0 — 2,0	3,0 6,6	+ 3,0 0	— 3,0 — 4,4	3,0 8,7	+ 3,5 0	— 3,0 — 5,2
15,75 —	19,69	1,2 3,0	+ 1,0 0	— 1,2 — 2,0	1,2 3,8	+ 1,6 0	— 1,2 — 2,2	4,0 8,1	+ 1,6 0	— 4,0 — 5,6	4,0 10,5	+ 4,0 0	— 4,0 — 6,5
19,69 —	30,09	1,6 3,7	+ 1,2 0	— 1,6 — 2,5	1,6 4,8	+ 2,0 0	— 1,6 — 2,8	5,0 10,0	+ 3,0 0	— 5,0 — 7,0	5,0 13,0	+ 5,0 0	— 5,0 — 8,0
30,09 —	41,49	2,0 4,6	+ 1,6 0	— 2,0 — 3,0	2,0 6,1	+ 2,5 0	— 2,0 — 3,6	6,0 12,5	+ 4,0 0	— 6,0 — 8,5	6,0 16,0	+ 6,0 0	— 6,0 — 10,0
41,49 —	56,19	2,5 5,7	+ 2,0 0	— 2,5 — 3,7	2,5 7,5	+ 3,0 0	— 2,5 — 4,5	8,0 16,0	+ 5,0 0	— 8,0 — 11,0	8,0 21,0	+ 8,0 0	— 8,0 — 13,0
56,19 —	76,39	3,0 7,1	+ 2,5 0	— 3,0 — 4,6	3,0 9,5	+ 4,0 0	— 3,0 — 5,5	10,0 20,0	+ 6,0 0	— 10,0 — 14,0	10,0 26,0	+ 10,0 0	— 10,0 — 16,0
76,39 —	100,9	4,0 9,0	+ 3,0 0	— 4,0 — 6,0	4,0 12,0	+ 5,0 0	— 4,0 — 7,0	12,0 25,0	+ 8,0 0	— 12,0 — 17,0	12,0 32,0	+ 12,0 0	— 12,0 — 20,0
100,9 —	131,9	5,0 11,5	+ 4,0 0	— 5,0 — 7,5	5,0 15,0	+ 6,0 0	— 5,0 — 9,0	16,0 32,0	+ 10,0 0	— 16,0 — 22,0	16,0 36,0	+ 16,0 0	— 16,0 — 26,0
131,9 —	171,9	6,0 14,0	+ 5,0 0	— 6,0 — 9,0	6,0 19,0	+ 8,0 0	— 6,0 — 11,0	18,0 38,0	+ 8,0 0	— 18,0 — 26,0	18,0 50,0	+ 20,0 0	— 18,0 — 30,0
171,9 —	200	8,0 18,0	+ 6,0 0	— 8,0 — 12,0	8,0 22,0	+ 10,0 0	— 8,0 — 12,0	22,0 48,0	+ 16,0 0	— 22,0 — 32,0	22,0 63,0	+ 25,0 0	— 22,0 — 38,0

(Cortesía de USASI: B4. 1-1955.)

Los límites están dados en milésimas de pulgada.
Los límites de las dimensiones de las partes se obtienen sumando algebráicamente los valores correspondientes a ejes o agujeros a las dimensiones nominales.
Las cifras en negrilla están de acuerdo con las normas ABC.
Los símbolos H5, g5, etc., corresponden a las designaciones para agujeros y ejes empleadas en el sistema ABC.

Clase RC 5			Clase RC 6			Clase RC 7			Clase RC 8			Clase RC 9			Medidas nominales Pulgadas
Límites de tolerancia	Diferencias nominales		Límites de tolerancia	Diferencias nominales		Límites de tolerancia	Diferencias nominales		Límites de tolerancia	Diferencias nominales		Límites de tolerancia	Diferencias nominales		
	Agujero H8	Eje e7		Agujero H9	Eje e8		Agujero H9	Eje d8		Agujero H10	Eje c9		Agujero H11	Eje	De Hasta
0,6 1,6	+ 0,6 — 0	— 0,6 — 1,0	0,6 2,2	+ 1,0 — 0	— 0,6 — 1,2	1,0 2,6	+ 1,0 0	— 1,0 — 1,6	2,5 5,1	+ 1,6 0	— 2,5 — 3,5	4,0 8,1	+ 2,5 0	— 4,0 — 5,6	0 — 0,12
0,8 2,0	+ 0,7 — 0	— 0,8 — 1,3	0,8 2,7	+ 1,2 — 0	— 0,8 — 1,5	1,2 3,1	+ 1,2 0	— 1,2 — 1,9	2,8 5,8	+ 1,8 0	— 2,8 — 4,0	4,5 9,0	+ 3,0 0	— 4,5 — 6,0	0,12— 0,24
1,0 2,5	+ 0,9 — 0	— 1,0 — 1,6	1,0 3,3	+ 1,4 — 0	— 1,0 — 1,9	1,6 3,9	+ 1,4 0	— 1,6 — 2,5	3,0 6,6	+ 2,2 0	— 3,0 — 4,4	5,0 10,7	+ 3,5 0	— 5,0 — 7,2	0,24— 0,40
1,2 2,9	+ 1,0 — 0	— 1,2 — 1,9	1,2 3,8	+ 1,6 — 0	— 1,2 — 2,2	2,0 4,6	+ 1,6 0	— 2,0 — 3,0	3,5 7,9	+ 2,8 0	— 3,5 — 5,1	6,0 12,8	+ 4,0 0	— 6,0 — 8,8	0,40— 0,71
1,6 3,6	+ 1,2 — 0	— 1,6 — 2,4	1,6 4,8	+ 2,0 — 0	— 1,6 — 2,8	2,5 5,7	+ 2,0 0	— 2,5 — 3,7	4,5 10,0	+ 3,5 0	— 4,5 — 6,5	7,0 15,5	+ 5,0 0	— 7,0 — 10,5	0,71— 1,19
2,0 4,6	+ 1,6 — 0	— 2,0 — 3,0	2,0 6,1	+ 2,5 — 0	— 2,0 — 3,6	3,0 7,1	+ 2,5 0	— 3,0 — 4,6	5,0 11,5	+ 4,0 0	— 5,0 — 7,5	8,0 18,0	+ 6,0 0	— 8,0 — 12,0	1,19— 1,97
2,5 5,5	+ 1,8 — 0	— 2,5 — 3,7	2,5 7,3	+ 3,0 — 0	— 2,5 — 4,3	4,0 8,8	+ 3,0 0	— 4,0 — 5,8	6,0 13,5	+ 4,5 0	— 6,0 — 9,0	9,0 20,5	+ 7,0 0	— 9,0 — 13,5	1,97— 3,15
3,0 6,6	+ 2,2 — 0	— 3,0 — 4,4	3,0 8,7	+ 3,5 — 0	— 3,0 — 5,2	5,0 10,7	+ 3,5 0	— 5,0 — 7,2	7,0 15,5	+ 5,0 0	— 7,0 — 10,5	10,0 24,0	+ 9,0 0	— 10,0 — 15,0	3,15— 4,73
3,5 7,6	+ 2,5 — 0	— 3,5 — 5,1	3,5 10,0	+ 4,0 — 0	— 3,5 — 6,0	6,0 12,5	+ 4,0 0	— 6,0 — 8,5	8,0 18,0	+ 6,0 0	— 8,0 — 12,0	12,0 28,0	+ 10,0 0	— 12,0 — 18,0	4,73— 7,09
4,0 8,6	+ 2,8 — 0	— 4,0 — 5,8	4,0 11,3	+ 4,5 0	— 4,0 — 6,8	7,0 14,3	+ 4,5 0	— 7,0 — 9,8	10,0 21,5	+ 7,0 0	— 10,0 — 14,5	15,0 34,0	+ 12,0 0	— 15,0 — 22,0	7,09— 9,85
5,0 10,0	+ 3,0 0	— 5,0 — 7,0	5,0 13,0	+ 5,0 0	— 5,0 — 8,0	8,0 16,0	+ 5,0 0	— 8,0 — 11,0	12,0 25,0	+ 8,0 0	— 12,0 — 17,0	18,0 38,0	+ 12,0 0	— 18,0 — 26,0	9,85— 12,41
6,0 11,7	+ 3,5 0	— 6,0 — 8,2	6,0 15,5	+ 6,0 0	— 6,0 — 9,5	10,0 19,5	+ 6,0 0	— 10,0 — 13,5	14,0 29,0	+ 9,0 0	— 14,0 — 20,0	22,0 45,0	+ 14,0 00	— 22,0 — 31,0	12,41— 15,75
8,0 14,5	+ 4,0 0	— 8,0 —10,5	8,0 18,0	+ 6,0 0	— 8,0 —12,0	12,0 22,0	+ 6,0 0	— 12,0 — 16,0	16,0 32,0	+10,0 0	— 16,0 — 22,0	25,0 51,0	+ 16,0 0	— 25,0 — 35,0	15,75— 19,69
10,0 18,0	+ 5,0 0	—10,0 —13,0	10,0 23,0	+ 8,0 0	—10,0 —15,0	16,0 29,0	+ 8,0 0	— 16,0 — 21,0	20,0 40,0	+12,0 0	— 20,0 — 28,0	30,0 62,0	+ 20,0 0	— 30,0 — 42,0	19,69— 30.09
12,0 22,0	+ 6,0 0	—12,0 —16,0	12,0 28,0	+10,0 0	—12,0 —18,0	20,0 36,0	+10,0 0	— 20,0 — 26,0	25,0 51,0	+ 16.0 0	— 25,0 — 35,0	40,0 81,0	+ 25,0 0	— 40,0 — 56,0	30,09 — 41,49
16,0 29,0	+ 8.0 0	—16.0 —21,0	16,0 36,0	+12,0 0	—16,0 —24,0	25,0 45,0	+12,0 0	— 25,0 — 33,0	30,0 62,0	+20,0 0	— 30,0 — 42,0	50,0 100	+ 30,0 0	— 50,0 — 70,0	41,49— 56,19
20,0 36,0	+10,0 0	—20,0 —26,0	20,0 46,0	+16,0 0	—20,0 —30,0	30,0 56,0	+16,0 0	— 30,0 — 40,0	40,0 81,0	+25,0 0	— 40,0 — 56,0	60,0 125	+ 40,0 0	— 60,0 — 85,0	56,19— 76,39
25,0 45,0	+12,0 0	—25,0 —33,0	25,0 57,0	+20,0 0	—25,0 —37,0	40,0 72,0	+20,0 0	— 40,0 — 52,0	50,0 100	+30,0 0	— 50,0 — 70,0	80,0 160	+ 50,0 0	— 80,0 —110	76,39—100,9
30,0 56,0	+16,0 0	—30,0 —40,0	30,0 71,0	+25,0 0	—30,0 —46,0	50,0 91,0	+25,0 0	— 50,0 — 66,0	60,0 125	+40,0 0	— 60,0 — 85,0	100 200	+ 60,0 0	—100 —140	100,9 —131,9
35,0 67,0	+20,0 0	—35,0 —47,0	35,0 85,0	+30,0 0	—35,0 —55,0	60,0 110,0	+30,0 0	— 60,0 — 80,0	80,0 160	+50,0 0	— 80,0 —110	130 260	+ 80,0 0	—130 —180	131,9 —171,9
45,0 86,0	+25,0 0	—45,0 —61,0	45,0 110,0	+40,0 0	—45,0 —70,0	80,0 145,0	+40,0 0	— 80,0 —105,0	100 200	+60,0 0	—100 —140	150 310	+100 0	—150 —210	171,9 —200

APENDICE 20. TOLERANCIAS PARA AJUSTES POSICIONALES MOVILES. NORMAS NORTEAMERICANAS

Medidas nominales. Pulgadas.	Clase LC1			Clase LC2			Clase LC3			Clase LC4			Clase LC5		
	Límites de tolerancia	Diferencias nominales		Límites de tolerancia	Diferencias nominales		Límites de tolerancia	Diferencias nominales		Límites de tolerancia	Diferencias nominales		Límites de tolerancia	Diferencias nominales	
De — Hasta		Agujero H6	Eje h5		Agujero H7	Eje h6		Agujero H8	Eje h7		Agujero H10	Eje h9		Agujero H7	Eje g6
0 — 0,12	0 0,45	+ 0,25 — 0	+ 0 —0,2	0 0,65	+ 0,4 — 0	+ 0 — 0,25	0 1	+ 0,6 — 0	+ 0 — 0,4	0 2,6	+ 1,6 — 0	+ 0 — 1,0	0,1 0,75	+ 0,4 — 0	— 0,1 — 0,35
0,12 — 0,24	0 0,5	+ 0,3 — 0	+ 0 —0,2	0 0,8	+ 0,5 — 0	+ 0 — 0,3	0 1,2	+ 0,7 — 0	+ 0 — 0,5	0 3,0	+ 1,8 — 0	+ 0 — 1,2	0,15 0,95	+ 0,5 — 0	— 0,15 — 0,45
0,24 — 0,40	0 0,65	+ 0,4 — 0	+ 0 —0,25	0 1,0	+ 0,6 — 0	+ 0 — 0,4	0 1,5	+ 0,9 — 0	+ 0 — 0,6	0 3,6	+ 2,2 — 0	+ 0 — 1,4	0,2 1,2	+ 0,6 — 0	— 0,2 — 0,6
0,40 — 0,71	0 0,7	+ 0,4 — 0	+ 0 —0,3	0 1,1	+ 0,7 — 0	+ 0 — 0,4	0 1,7	+ 1,0 — 0	+ 0 — 0,7	0 4,4	+ 2,8 — 0	+ 0 — 1,6	0,25 1,35	+ 0,7 — 0	— 0,25 — 0,65
0,71 — 1,19	0 0,9	+ 0,5 — 0	+ 0 —0,4	0 1,3	+ 0,8 — 0	+ 0 — 0,5	0 2	+ 1,2 — 0	+ 0 — 0,8	0 5,5	+ 3,5 — 0	+ 0 — 2,0	0,3 1,6	+ 0,8 — 0	— 0,3 — 0,8
1,19 — 1,97	0 1,0	+ 0,6 — 0	+ 0 —0,4	0 1,6	+ 1,0 — 0	+ 0 — 0,6	0 2,6	+ 1,6 — 0	+ 0 — 1	0 6,5	+ 4,0 — 0	+ 0 — 2,5	0,4 2,0	+ 1,0 — 0	— 0,4 — 1,0
1,97 — 3,15	0 1,2	+ 0,7 — 0	+ 0 —0,5	0 1,9	+ 1,2 — 0	+ 0 — 0,7	0 3	+ 1,8 — 0	+ 0 — 1,2	0 7,5	+ 4,5 — 0	+ 0 — 3	0,4 2,3	+ 1,2 — 0	— 0,4 — 1,1
3,15 — 4,73	0 1,5	+ 0,9 — 0	+ 0 —0,6	0 2,3	+ 1,4 — 0	+ 0 — 0,9	0 3,6	+ 2,2 — 0	+ 0 — 1,4	0 8,5	+ 5,0 — 0	+ 0 — 3,5	0,5 2,8	+ 1,4 — 0	— 0,5 — 1,4
4,73 — 7,09	0 1,7	+ 1,0 — 0	+ 0 —0,7	0 2,6	+ 1,6 — 0	+ 0 — 1,0	0 4,1	+ 2,5 — 0	+ 0 — 1,6	0 10	+ 6,0 — 0	+ 0 — 4	0,6 3,2	+ 1,6 — 0	— 0,6 — 1,6
7,09 — 9,85	0 2,0	+ 1,2 — 0	+ 0 —0,8	0 3,0	+ 1,8 — 0	+ 0 — 1,2	0 4,6	+ 2,8 — 0	+ 0 — 1,8	0 11,5	+ 7,0 — 0	+ 0 — 4,5	0,6 3,6	+ 1,8 — 0	— 0,6 — 1,8
9,85 — 12,41	0 2,1	+ 1,2 — 0	+ 0 —0,9	0 3,2	+ 2,0 — 0	+ 0 — 1,2	0 5	+ 3,0 — 0	+ 0 — 2,0	0 13	+ 8,0 — 0	+ 0 — 5	0,7 3,9	+ 2,0 — 0	— 0,7 — 1,9
12,41 — 15,75	0 2,4	+ 1,4 — 0	+ 0 —1,0	0 3,6	+ 2,2 — 0	+ 0 — 1,4	0 5,7	+ 3,5 — 0	+ 0 — 2,2	0 15	+ 9,0 — 0	+ 0 — 6	0,7 4,3	+ 2,2 — 0	— 0,7 — 2,1
15,75 — 19,69	0 2,6	+ 1,6 — 0	+ 0 —1,0	0 4,1	+ 2,5 — 0	+ 0 — 1,6	0 6,5	+ 4 — 0	0 — 2,5	0 16	+ 10,0 — 0	+ 0 — 6	0,8 4,9	+ 2,5 — 0	— 0,8 — 2,4
19,69 — 30,09	0 3,2	+ 2,0 — 0	+ 0 —1,2	0 5,0	+ 3 — 0	+ 0 — 2	0 8	+ 5 — 0	+ 0 — 3	0 20	+ 12,0 — 0	+ 0 — 8	0,9 5,9	+ 3,0 — 0	— 0,9 — 2,9
30,09 — 41,49	0 4,1	+ 2,5 — 0	+ 0 —1,6	0 6,5	+ 4 — 0	+ 0 — 2,5	0 10	+ 6 — 0	+ 0 — 4	0 26	+ 16,0 — 0	+ 0 —10	1,0 7,5	+ 4,0 — 0	— 1,0 — 3,5
41,49 — 56,19	0 5,0	+ 3,0 — 0	+ 0 —2,0	0 8,0	+ 5 — 0	+ 0 — 3	0 13	+ 8 — 0	+ 0 — 5	0 32	+ 20,0 — 0	+ 0 —12	1,2 9,2	+ 5,0 — 0	— 1,2 — 4,2
56,19 — 76,39	0 6,5	+ 4,0 — 0	+ 0 —2,5	0 10	+ 6 — 0	+ 0 — 4	0 16	+ 10 — 0	+ 0 — 6	0 41	+ 25,0 — 0	+ 0 —16	1,2 11,2	+ 6,0 — 0	— 1,2 — 5,2
76,39 — 100,9	0 8,0	+ 5,0 — 0	+ 0 —3,0	0 13	+ 8 — 0	+ 0 — 5	0 20	+ 12 — 0	+ 0 — 8	0 50	+ 30,0 — 0	+ 0 —20	1,4 14,4	+ 8,0 — 0	— 1,4 — 6,4
100,9 — 131,9	0 10,0	+ 6,0 — 0	+ 0 —4,0	0 16	+ 10 — 0	+ 0 — 6	0 26	+ 16 — 0	+ 0 —10	0 65	+ 40,0 — 0	+ 0 —25	1,6 17,6	+ 10,0 — 0	— 1,6 — 7,6
131,9 — 171,9	0 13,0	+ 8,0 — 0	+ 0 —5,0	0 20	+ 12 — 0	+ 0 — 8	0 32	+ 20 — 0	+ 0 —12	0 8	+ 50,0 — 0	+ 0 —30	1,8 21,8	+ 12,0 — 0	— 1,8 — 9,8
171,9 — 200	0 16,0	+ 10,0 — 0	+ 0 —6,0	0 26	+ 16 — 0	+ 0 —10	0 41	+ 25 — 0	+ 0 —16	0 100	+ 60,0 — 0	+ 0 —40	1,8 27,8	+ 16,0 — 0	— 1,8 — 19,8

(Cortesía USASI; B4.1-1955.)

Los limites están dados en milésimas de pulgada.
Los limites de las dimensiones de las partes se obtienen sumando algebraicamente los valores correspondientes a ejes o agujeros a las dimensiones nominales.
Las cifras en negrilla están de acuerdo con las normas ABC.
Los simbolos H9, f8, etc., corresponden a las designaciones para agujeros y ejes empleadas en el sistema ABC.

Clase LC 6			Clase LC 7			Clase LC 8			Clase LC 9			Clase LC 10			Clase LC 11			Medidas nominales. Pulgadas.	
Limites de tolerancia	Diferencias nominales		Limites de tolerancia	Diferencias nominales		Limites de tolerancia	Diferencias nominales		Limites de tolerancia	Diferencias nominales		Limites de tolerancia	Diferencias nominales		Limites de tolerancia	Diferencias nominales			
	Agujero H9	Eje f8		Agujero H10	Eje e9		Agujero H10	Eje d9		Agujero H11	Eje c10		Agujero H12	Eje		Agujero H13	Eje	De	Hasta
0,3 1,9	+ 1,0 0	— 0,3 — 0,9	0,6 3,2	+ 1,6 0	— 0,6 — 1,6	1,0 3,6	+ 1,6 — 0	— 1,0 — 2,0	2,5 6,6	+ 2,5 — 0	— 2,5 — 4,1	4 12	+ 4 — 0	— 4 — 8	5 17	+ 6 — 0	— 5 — 11	0 —	0,12
0,4 2,3	+ 1,2 0	— 0,4 — 1,1	0,8 3,8	+ 1,8 0	— 0,8 — 2,0	1,2 4,2	+ 1,8 — 0	— 1,2 — 2,4	2,8 7,6	+ 3,0 — 0	— 2,8 — 4,6	4,5 14,5	+ 5 — 0	— 4,5 — 9,5	6 20	+ 7 — 0	— 6 — 13	0,12 —	0,24
0,5 2,8	+ 1,4 0	— 0,5 — 1,4	1,0 4,6	+ 2,2 0	— 1,0 — 2,4	1,6 5,2	+ 2,2 — 0	— 1,6 — 3,0	3,0 8,7	+ 3,5 — 0	— 3,0 — 5,2	5 17	+ 6 — 0	— 5 — 11	7 25	+ 9 — 0	— 7 — 16	0,24 —	0,40
0,6 3,2	+ 1,6 0	— 0,6 — 1,6	1,2 5,6	+ 2,8 0	— 1,2 — 2,8	2,0 6,4	+ 2,8 — 0	— 2,0 — 3,6	3,5 10,3	+ 4,0 — 0	— 3,5 — 6,3	6 20	+ 7 — 0	— 6 — 13	8 28	+ 10 — 0	— 8 — 18	0,40 —	0,71
0,8 4,0	+ 2,0 0	— 0,8 — 2,0	1,6 7,1	+ 3,5 0	— 1,6 — 3,6	2,5 8,0	+ 3,5 — 0	— 2,5 — 4,5	4,5 13,0	+ 5,0 — 0	— 4,5 — 8,0	7 23	+ 8 — 0	— 7 — 15	10 34	+ 12 — 0	— 10 — 22	0,71 —	1,19
1,0 5,1	+ 2,5 0	— 1,0 — 2,6	2,0 8,5	+ 4,0 0	— 2,0 — 4,5	3,0 9,5	+ 4,0 — 0	— 3,0 — 5,5	5 15	+ 6 — 0	— 5 — 9	8 28	+ 10 — 0	— 8 — 18	12 44	+ 16 — 0	— 12 — 28	1,19 —	1,97
1,2 6,0	+ 3,0 0	— 1,2 — 3,0	2,5 10,0	+ 4,5 0	— 2,5 — 5,5	4,0 11,5	+ 4,5 — 0	— 4,0 — 7,0	6 17,5	+ 7 — 0	— 6 — 10,5	10 34	+ 12 — 0	— 10 — 22	14 50	+ 18 — 0	— 14 — 32	1,97 —	3,15
1,4 7,1	+ 3,5 0	— 1,4 — 3,6	3,0 11,5	+ 5,0 0	— 3,0 — 6,5	5,0 13,5	+ 5,0 — 0	— 5,0 — 8,5	7 21	+ 9 — 0	— 7 — 12	11 39	+ 14 — 0	— 11 — 25	16 60	+ 22 — 0	— 16 — 38	3,15 —	4,73
1,6 8,1	+ 4,0 0	— 1,6 — 4,1	3,5 13,5	+ 6,0 0	— 3,5 — 7,5	6 16	+ 6 — 0	— 6 —10	8 24	+ 10 — 0	— 8 — 14	12 44	+ 16 — 0	— 12 — 28	18 68	+ 25 — 0	— 18 — 43	4,73 —	7,09
2,0 9,3	+ 4,5 0	— 2,0 — 4,8	4,0 15,5	+ 7,0 0	— 4,0 — 8,5	7 18,5	+ 7 — 0	— 7 —11,5	10 29	+ 12 — 0	— 10 — 17	16 52	+ 18 — 0	— 16 — 34	22 78	+ 28 — 0	— 22 — 50	7,09 —	9,85
2,2 10,2	+ 5,0 0	— 2,2 — 5,2	4,5 17,5	+ 8,0 0	— 4,5 — 9,5	7 20	+ 8 — 0	— 7 —12	12 32	+ 12 — 0	— 12 — 20	20 60	+ 20 — 0	— 20 — 40	28 88	+ 30 — 0	— 28 — 58	9,85 —	12,41
2,5 12,0	+ 6,0 0	— 2,5 — 6,0	5,0 20,0	+ 9,0 0	— 5 —11	8 23	+ 9 — 0	— 8 —14	14 37	+ 14 — 0	— 14 — 23	22 66	+ 22 — 0	— 22 — 44	30 100	+ 35 — 0	— 30 — 65	12,41 —	15,75
2,8 12,8	+ 6,0 0	— 2,8 — 6,8	5,0 21,0	+10,0 0	— 5 —11	9 25	+ 10 — 0	— 9 —15	16 42	+ 16 — 0	— 16 — 26	25 75	+ 25 — 0	— 25 — 50	35 115	+ 40 — 0	— 35 — 75	15,75 —	19,69
3,0 16,0	+ 8,0 0	— 3,0 — 8,0	6,0 26,0	+12,0 — 0	— 6 —14	10 30	+ 12 — 0	—10 —18	18 50	+ 20 — 0	— 18 — 30	28 88	+ 30 — 0	— 28 — 58	40 140	+ 50 — 0	— 40 — 90	19,69 —	30,09
3,5 19,5	+10,0 0	— 3,5 — 9,5	7,0 33,0	+16,0 — 0	— 7 —17	12 38	+ 16 — 0	—12 —22	20 61	+ 25 — 0	— 20 — 36	30 110	+ 40 — 0	— 30 — 70	45 165	+ 60 — 0	— 45 —105	30,09 —	41,49
4,0 24,0	+12,0 0	— 4,0 —12,0	8,0 40,0	+20,0 — 0	— 8 —20	14 46	+ 20 — 0	—14 —26	25 75	+ 30 — 0	— 25 — 45	40 140	+ 50 — 0	— 40 — 90	60 220	+ 80 — 0	— 60 —140	41,49 —	56,19
4,5 30,5	+16,0 0	— 4,5 —14,5	9,0 50,0	+25,0 — 0	— 9 —25	16 57	+ 25 — 0	—16 —32	30 95	+ 40 — 0	— 30 — 55	50 170	+ 60 — 0	— 50 —110	70 270	+100 — 0	— 70 —170	56,19 —	76,39
5,0 37,0	+20,0 0	— 5 —17	10,0 60,0	+30,0 — 0	—10 —30	18 68	+ 30 — 0	—18 —38	35 115	+ 50 — 0	— 35 — 65	50 210	+ 80 — 0	— 50 —130	80 330	+125 — 0	— 80 —205	76,39 —	100,9
6,0 47,0	+25,0 0	— 6 —22	12,0 67,0	+40,0 — 0	—12 —27	20 85	+ 40 — 0	—20 —45	40 140	+ 60 — 0	— 40 — 80	60 260	+100 — 0	— 60 —160	90 410	+160 — 0	— 90 —250	100,9 —	131,9
7,0 57,0	+30,0 0	— 7 —27	14,0 94.0	+50,0 — 0	—14 —44	25 105	+ 50 — 0	—25 —55	50 180	+ 80 — 0	— 50 —100	80 330	+125 — 0	— 80 —205	100 500	+200 — 0	—100 —300	131,9 —	171,9
7,0 72,0	+40,0 0	— 7 —32	14,0 114,0	+60,0 — 0	—14 —54	25 125	+ 60 — 0	—25 —65	50 210	+ 100 — 0	— 50 —110	90 410	+160 — 0	— 90 —250	125 625	+250 — 0	—125 —375	171,9 —	200

APENDICE 21. TOLERANCIAS PARA AJUSTES POSICIONALES INDETERMINADOS. NORMAS NORTEAMERICANAS

Los límites están dados en milésimas de pulgada.
Los límites de las dimensiones de las partes ensambladas se obtienen sumando algebraicamente a las dimensiones nominales los valores correspondientes a ejes o agujeros.
«Ajuste» representa la interferencia máxima (valores negativos) o el juego máximo (valores positivos).
Los símbolos H7, js6, etc., corresponden a las designaciones empleadas en el sistema ABC.

Medidas nominales Pulgadas	Clase LT 1			Clase LT 2			Clase LT 3			Clase LT 4			Clase LT 5			Clase LT 6		
	Ajuste	Diferencias nominales		Ajuste	Diferencias nominales		Ajuste	Diferencias nominales		Ajuste	Diferencias nominales		Ajuste	Diferencias nominales		Ajuste	Diferencias nominales	
De — Hasta		Agujero H7	Eje js6		Agujero H8	Eje js7		Agujero H7	Eje k6		Agujero H8	Eje k7		Agujero H7	Eje n6		Agujero H7	Eje n7
0 — 0,12	—0,10 +0,50	+0,4 — 0	+0,10 —0,10	—0,2 +0,8	+0,6 — 0	+0,2 — 0,2							—0,5 +0,15	+0,4 — 0	+0,5 +0,25	—0,65 +0,15	+0,4 — 0	+0,65 +0,25
0,12 — 0,24	—0,15 +0,65	+0,5 — 0	+0,15 —0,15	— 0,25 +0,95	+0,7 — 0	+0,25 —0,25							—0,6 +0,2	+0,5 — 0	+0,6 +0,3	—0,8 +0,2	+0,5 — 0	+0,8 +0,3
0,24 — 0,40	—0,2 +0,8	+0,6 — 0	+0,2 —0,2	—0,3 +1,2	+0,9 — 0	+0,3 —0,3	—0,5 +0,5	+0,6 — 0	+0,5 +0,1	—0,7 +0,8	+0,9 — 0	+0,7 +0,1	—0,8 +0,2	+0,6 — 0	+0,8 +0,4	—1,0 +0,2	+0,6 — 0	+1,0 +0,4
0,40 — 0,71	—0,2 +0,9	+0,7 — 0	+0,2 —0,2	—0,35 +1,35	+1,0 — 0	+0,35 —0,35	—0,5 +0,6	+0,7 — 0	+0,5 +0,1	—0,8 +0,9	+1,0 — 0	+0,8 +1,0	—0,9 +0,2	+0,7 — 0	+0,9 +0,5	—1,2 +0,2	+0,7 — 0	+1,2 +0,5
0,71 — 1,19	—0,25 +1,05	+0,8 — 0	+0,25 —0,25	—0,4 +1,6	+1,2 — 0	+0,4 —0,4	—0,6 +0,7	+0,8 — 0	+0,6 +0,1	—0,9 +1,1	+1,2 — 0	+0,9 +0,1	—1,1 +0,2	+0,8 — 0	+1,1 +0,6	—1,4 +0,2	+0,8 — 0	+1,4 +0,6
1,19 — 1,97	—0,3 +1,3	+1,0 — 0	+0,3 —0,3	—0,5 +2,1	+1,6 — 0	+0,5 —0,5	—0,7 +0,9	+1,0 — 0	+0,7 +0,1	—1,1 +1,5	+1,6 — 0	+1,1 +0,1	—1,3 +0,3	+1,0 — 0	+1,3 +0,7	—1,7 +0,3	+1,0 — 0	+1,7 +0,7
1,97 — 3,15	—0,3 +1,5	+1,2 — 0	+0,3 —0,3	—0,6 +2,4	+1,8 — 0	+0,6 —0,6	—0,8 +1,1	+1,2 — 0	+0,8 +0,1	—1,3 +1,7	+1,8 — 0	+1,3 +0,1	—1,5 +0,4	+1,2 — 0	+1,5 +0,8	—2,0 +0,4	+1,2 — 0	+2,0 +0,8
3,15 — 4,73	—0,4 +1,8	+1,4 — 0	+0,4 —0,4	—0,7 +2,9	+2,2 — 0	+0,7 —0,7	—1,0 +1,3	+1,4 — 0	+1,0 +0,1	—1,5 +2,1	+2,2 — 0	+1,5 +0,1	—1,9 +0,4	+1,4 — 0	+1,9 +1,0	—2,4 +0,4	+1,4 — 0	+2,4 +1,0
4,73 — 7,09	—0,5 +2,1	+1,6 — 0	+0,5 —0,5	—0,8 +3,3	+2,5 — 0	+0,8 —0,8	—1,1 +1,5	+1,6 — 0	+1,1 +0,1	—1,7 +2,4	+2,5 — 0	+1,7 +0,1	—2,2 +0,4	+1,6 — 0	+2,2 +1,2	—2,8 +0,4	+1,6 — 0	+2,8 +1,2
7,09 — 9,85	—0,6 +2,4	+1,8 — 0	+0,6 —0,6	—0,9 +3,7	+2,8 — 0	+0,9 —0,9	—1,4 +1,6	+1,8 — 0	+1,4 +0,2	—2,0 +2,6	+2,8 — 0	+2,0 +0,2	—2,6 +0,4	+1,8 — 0	+2,6 +1,4	—3,2 +0,4	+1,8 — 0	+3,2 +1,4
9,85 — 12,41	—0,6 +2,6	+2,0 — 0	+0,6 —0,6	—1,0 +4,0	+3,0 — 0	+1,0 —1,0	—1,4 +1,8	+2,0 — 0	+1,4 +0,2	—2,2 +2,8	+3,0 — 0	+2,2 +0,2	—2,6 +0,6	+2,0 — 0	+2,6 +1,4	—3,4 +0,6	+2,0 — 0	+3,4 +1,4
12,41 — 15,75	—0,7 +2,9	+2,2 — 0	+0,7 —0,7	—1,0 +4,5	+3,5 — 0	+1,0 —1,0	—1,6 +2,0	+2,2 — 0	+1,6 +0,2	—2,4 +3,3	+3,5 — 0	+2,4 +0,2	—3,0 +0,6	+2,2 — 0	+3,0 +1,6	—3,8 +0,6	+2,2 — 0	+3,8 +1,6
15,75 — 19,69	—0,8 +3,3	+2,5 — 0	+0,8 —0,8	—1,2 +5,2	+4,0 — 0	+1,2 —1,2	—1,8 +2,3	+2,5 — 0	+1,8 +0,2	—2,7 +3,8	+4,0 — 0	+2,7 +0,2	—3,4 +0,7	+2,5 + 0	+3,4 +1,8	— 4,3 +0,7	+2,5 — 0	+4,3 +1,8

(Cortesía de USASI, B4.1-1955.)

APENDICE 22. TOLERANCIAS PARA AJUSTES POSICIONALES DE INTERFERENCIA. NORMAS NORTEAMERICANAS

Los límites están dados en milésimas de pulgada.
Los límites de las dimensiones de las partes se obtienen sumando algebráicamente a las dimensiones nominales los valores correspondientes a ejes o agujeros.
Las cifras en negrilla están de acuerdo con las normas ABC.
Los símbolos H7, p6, etc., corresponden a las designaciones para agujeros y ejes empleadas en el sistema ABC.

Medidas nominales Pulgadas		Clase LN 1			Clase LN 2			Clase LN 3		
		Límites de interferencia	Diferencias nominales		Límites de interferencia	Diferencias nominales		Límites de interferencia	Diferencias nominales	
De	Hasta		Agujero H6	Eje n5		Agujero H7	Eje p6		Agujero H7	Eje r6
0	0,12	0 0,45	+0,25 — 0	+0,45 +0,25	0 0,65	+0,4 — 0	+0,65 +0,4	0,1 0,75	+0,4 — 0	+0,75 +0,5
0,12	0,24	0 0,5	+0,3 — 0	+0,5 +0,3	0 0,8	+0,5 — 0	+0,8 +0,5	0,1 0,9	+0,5 — 0	+0,9 +0,6
0,24	0,40	0 0,65	+0,4 — 0	+0,65 +0,4	0 1,0	+0,6 — 0	+1,0 +0,6	0,2 1,2	+0,6 — 0	+1,2 +0,8
0,40	0,71	0 0,8	+0,4 — 0	+0,8 +0,4	0 1,1	+0,7 — 0	+1,1 +0,7	0,3 1,4	+0,7 — 0	+1,4 +1,0
0,71	1,19	0 1,0	+0,5 — 0	+1,0 0,5	0 1,3	+0,8 — 0	+1,3 +0,8	0,4 1,7	+0,8 — 0	+1,7 +1,2
1,19	1,97	0 1,1	+0,6 0	+1,1 +0,6	0 1,6	+1,0 — 0	+1,6 +1,0	0,4 2,0	+1,0 — 0	+2,0 +1,4
1,97	3,15	0,1 1,3	+0,7 — 0	+1,3 +0,7	0,2 2,1	+1,2 — 0	+2,1 +1,4	0,4 2,3	+1,2 — 0	+2,3 +1,6
3,15	4,73	0,1 1,6	+0,9 — 0	+1,6 +1,0	0,2 2,5	+1,4 — 0	+2,5 +1,6	0,6 2,9	+1,4 — 0	+2,9 2,0
4,73	7,09	0,2 1,9	+1,0 — 0	+1,9 +1,2	0,2 2,8	+1,6 — 0	+2,8 +1,8	0,9 3,5	+1,6 — 0	+3,5 +2,5
7,09	9,85	0,2 2,2	+1,2 — 0	+2,2 +1,4	0,2 3,2	+1,8 — 0	+3,2 +2,0	1,2 4,2	+1,8 — 0	+4,2 +3,0
9,85	12,41	0,2 2,3	+1,2 — 0	+2,3 +1,4	0,2 3,4	+2,0 — 0	+3,4 +2,2	1,5 4,7	+2,0 — 0	+4,7 +3,5
12,41	15,75	0,2 2,6	+1,4 — 0	+2,6 +1,6	0,3 3,9	+2,2 — 0	+3,9 +2,5	2,3 5,9	+2,2 — 0	+5,9 +4,5
15,75	19,69	0,2 2,8	+1,6 — 0	+2,8 +1,8	0,3 4,4	+2,5 — 0	+4,4 +2,8	2,5 6,6	+2,5 — 0	+6,6 +5,0
19,69	30,09		+2,0 — 0		0,5 5,5	+3 — 0	+5,5 +3,5	4 9	+3 — 0	+9 +7
30,09	41,49		+2,5 — 0		0,5 7,0	+4 — 0	+7,0 +4,5	5 11,5	+4 — 0	+11,5 +9
41,49	56,19		+3,0 — 0		1 9	+5 — 0	+9 +6	7 15	+5 — 0	+15 +12
56,19	76,39		+4,0 — 0		1 11	+6 — 0	+11 +7	10 20	+6 — 0	+20 +16
76,39	100,9		+5,0 — 0		1 14	+8 — 0	+14 +9	12 25	+8 — 0	+25 +20
100,9	131,9		+6,0 — 0		2 18	+10 — 0	+18 +12	15 31	+10 — 0	+31 +25
131,9	171,9		+8,0 — 0		4 24	+12 — 0	+24 +16	18 38	+12 — 0	+38 +30
171,9	200		+10,0 — 0		4 30	+16 — 0	+30 +20	24 50	+16 — 0	+50 +40

(Cortesía de USASI; B4.1-1955.)

APENDICE 23. AJUSTES PRENSADOS. NORMAS NORTEAMERICANAS

Los límites están dados en milésimas de pulgada.
Los límites de las dimensiones de las partes se obtienen sumando algebraicamente los valores correspondientes a ejes o agujeros a las dimensiones nominales.
Las cifras en negrilla están de acuerdo con las normas ABC.
Los símbolos H7, s6, etc., corresponden a las designaciones para agujeros y ejes empleadas en el sistema ABC.

Medidas nominales Pulgadas De — Hasta	Clase FN 1			Clase FN 2			Clase FN 3			Clase FN 4			Clase FN 5		
	Límites de interferencia	Diferencias nominales		Límites de interferencia	Diferencias nominales		Límites de interferencia	Diferencias nominales		Límites de interferencia	Diferencias nominales		Límites de interferencia	Diferencias nominales	
		Agujero H6	Eje s6		Agujero H7	Eje t6		Agujero H7	Eje t6		Agujero H7	Eje u6		Agujero H8	Eje x7
0 — 0,12	0,05 0,5	**+0,25** **— 0**	+0,5 +0,3	**0,2** **0,85**	**+0,4** **— 0**	**+ 0,85** **+ 0,6**				**0,3** **0,95**	**+0,4** **— 0**	**+ 0,95** **+ 0,7**	**0,3** **1,3**	**+0,6** **— 0**	**+ 1,3** **+ 0,9**
0,12 — 0,24	0,1 0,6	**+0,3** **— 0**	+0,6 +0,4	**0,2** **1,0**	**+0,5** **— 0**	**+ 1,0** **+ 0,7**				**0,4** **1,2**	**+0,5** **— 0**	**+ 1,2** **+ 0,9**	**0,5** **1,7**	**+0,7** **— 0**	**+ 1,7** **+ 1,2**
0,24 — 0,40	0,1 0,75	**+0,4** **— 0**	+0,75 +0,5	**0,4** **1,4**	**+0,6** **— 0**	**+ 1,4** **+ 1,0**				**0,6** **1,6**	**+0,6** **— 0**	**+ 1,6** **+ 1,2**	**0,5** **2,0**	**+0,9** **— 0**	**+ 2,0** **+ 1,4**
0,40 — 0,56	0,1 0,8	**+ 0,4** **— 0**	+0,8 +0,5	**0,5** **1,6**	**+0,7** **— 0**	**+ 1,6** **+ 1,2**				**0,7** **1,8**	**+0,7** **— 0**	**+ 1,8** **+ 1,4**	**0,6** **2,3**	**+1,0** **— 0**	**+ 2,3** **+ 1,6**
0,56 — 0,71	0,2 0,9	**+0,4** **— 0**	+0,9 +0,6	**0,5** **1,6**	**+0,7** **— 0**	**+ 1,6** **+ 1,2**				**0,7** **1,8**	**+0,7** **— 0**	**+ 1,8** **+ 1,4**	**0,8** **2,5**	**+1,0** **— 0**	**+ 2,5** **+ 1,8**
0,71 — 0,95	0,2 1,1	**+0,5** **— 0**	+1,1 +0,7	**0,6** **1,9**	**+0,8** **— 0**	**+ 1,9** **+ 1,4**				**0,8** **2,1**	**+0,8** **— 0**	**+ 2,1** **+ 1,6**	**1,0** **3,0**	**+1,2** **— 0**	**+ 3,0** **+ 2,2**
0,95 — 1,19	0,3 1,2	**+0,5** **— 0**	+1,2 +0,8	**0,6** **1,9**	**+0,8** **— 0**	**+ 1,9** **+ 1,4**	**0,8** **2,1**	**+0,8** **— 0**	**+ 2,1** **+ 1,6**	**1,0** **2,3**	**+0,8** **— 0**	**+ 2,3** **+ 1,8**	**1,3** **3,3**	**+1,2** **— 0**	**+ 3,3** **+ 2,5**
1,19 — 1,58	0,3 1,3	**+0,6** **— 0**	+1,3 +0,9	**0,8** **2,4**	**+1,0** **— 0**	**+ 2,4** **+ 1,8**	**1,0** **2,6**	**+1,0** **— 0**	**+ 2,6** **+ 2,0**	**1,5** **3,1**	**+1,0** **— 0**	**+ 3,1** **+ 2,5**	**1,4** **4,0**	**+1,6** **— 0**	**+ 4,0** **+ 3,0**
1,58 — 1,97	0,4 1,4	**+0,6** **— 0**	+1,4 +1,0	**0,8** **2,4**	**+1,0** **— 0**	**+ 2,4** **+ 1,8**	**1,2** **2,8**	**+1,0** **— 0**	**+ 2,8** **+ 2,2**	**1,8** **3,4**	**+1,0** **— 0**	**+ 3,4** **+ 2,8**	**2,4** **5,0**	**+1,6** **— 0**	**+ 5,0** **+ 4,0**
1,97 — 2,56	0,6 1,8	**+0,7** **— 0**	+1,8 +1,3	**0,8** **2,7**	**+1,2** **— 0**	**+ 2,7** **+ 2,0**	**1,3** **3,2**	**+1,2** **— 0**	**+ 3,2** **+ 2,5**	**2,3** **4,2**	**+1,2** **— 0**	**+ 4,2** **+ 3,5**	**3,2** **6,2**	**+1,8** **— 0**	**+ 6,2** **+ 5,0**
2,56 — 3,15	0,7 1,9	**+0,7** **— 0**	+1,9 +1,4	**1,0** **2,9**	**+1,2** **— 0**	**+ 2,9** **+ 2,2**	**1,8** **3,7**	**+1,2** **— 0**	**+ 3,7** **+ 3,0**	**2,8** **4,7**	**+1,2** **— 0**	**+ 4,7** **+ 4,0**	**4,2** **7,2**	**+1,8** **— 0**	**+ 7,2** **+ 6,0**
3,15 — 3,94	0,9 2,4	**+0,9** **— 0**	+2,4 +1,8	**1,4** **3,7**	**+1,4** **— 0**	**+ 3,7** **+ 2,8**	**2,1** **4,4**	**+1,4** **— 0**	**+ 4,4** **+ 3,5**	**3,6** **5,9**	**+1,4** **— 0**	**+ 5,9** **+ 5,0**	**4,8** **8,4**	**+2,2** **— 0**	**+ 8,4** **+ 7,0**
3,94 — 4,73	1,1 2,6	**+0,9** **— 0**	+2,6 +2,0	**1,6** **3,9**	**+1,4** **— 0**	**+ 3,9** **+ 3,0**	**2,6** **4,9**	**+1,4** **— 0**	**+ 4,9** **+ 4,0**	**4,6** **6,9**	**+1,4** **— 0**	**+ 6,9** **+ 6,0**	**5,8** **9,4**	**+2,2** **— 0**	**+ 9,4** **+ 8,0**
4,73 — 5,52	1,2 2,9	**+1,0** **— 0**	+2,9 +2,2	**1,9** **4,5**	**+1,6** **— 0**	**+ 4,5** **+ 3,5**	**3,4** **6,0**	**+1,6** **— 0**	**+ 6,0** **+ 5,0**	**5,4** **8,0**	**+1,6** **— 0**	**+ 8,0** **+ 7,0**	**7,5** **11,6**	**+2,5** **— 0**	**+11,6** **+10,0**
5,52 — 6,30	1,5 3,2	**+1,0** **— 0**	+3,2 +2,5	**2,4** **5,0**	**+1,6** **— 0**	**+ 5,0** **+ 4,0**	**3,4** **6,0**	**+1,6** **— 0**	**+ 6,0** **+ 5,0**	**5,4** **8,0**	**+ 1,6** **— 0**	**+ 8,0** **+ 7,0**	**9,5** **13,6**	**+2,5** **— 0**	**+13,6** **+12,0**
6,30 — 7,09	1,8 3,5	**+1,0** **— 0**	+3,5 +2,8	**2,9** **5,5**	**+1,6** **— 0**	**+ 5,5** **+ 4,5**	**4,4** **7,0**	**+1,6** **— 0**	**+ 7,0** **+ 6,0**	**6,4** **9,0**	**+1,6** **— 0**	**+ 9,0** **+ 8,0**	**9,5** **13,6**	**+ 2,5** **— 0**	**+13,6** **+12,0**
7,09 — 7,88	1,8 3,8	**+1,2** **— 0**	+3,8 +3,0	**3,2** **6,2**	**+1,8** **— 0**	**+ 6,2** **+ 5,0**	**5,2** **8,2**	**+1,8** **— 0**	**+ 8,2** **+ 7,0**	**7,2** **10,2**	**+1,8** **— 0**	**+10,2** **+ 9,0**	**11,2** **15,8**	**+2,8** **— 0**	**+15,8** **+14,0**
7,88 — 8,86	2,3 4,3	**+1,2** **— 0**	+4,3 +3,5	**3,2** **6,2**	**+1,8** **— 0**	**+ 6,2** **+ 5,0**	**5,2** **8,2**	**+1,8** **— 0**	**+ 8,2** **+ 7,0**	**8,2** **11,2**	**+1,8** **— 0**	**+11,2** **+10,0**	**13,2** **17,8**	**+2,8** **— 0**	**+17,8** **+16,0**
8,86 — 9,85	2,3 4,3	**+1,2** **— 0**	+4,3 +3,5	**4,2** **7,2**	**+1,8** **— 0**	**+ 7,2** **+ 6,0**	**6,2** **9,2**	**+1,8** **— 0**	**+ 9,2** **+ 8,0**	**10,2** **13,2**	**+1,8** **— 0**	**+13,2** **+12,0**	**13,2** **17,8**	**+2,8** **— 0**	**+17,8** **+16,0**
9,85 — 11,03	2,8 4,9	**+1,2** **— 0**	+4,9 +4,0	**4,0** **7,2**	**+2,0** **— 0**	**+ 7,2** **+ 6,0**	**7,0** **10,2**	**+2,0** **— 0**	**+10,2** **+ 9,0**	**10,0** **13,2**	**+2,0** **— 0**	**+13,2** **+12,0**	**15,0** **20,0**	**+3,0** **— 0**	**+20,0** **+18,0**
11,03 — 12,41	2,8 4,9	**+1,2** **— 0**	+4,9 +4,0	**5,0** **8,2**	**+2,0** **— 0**	**+ 8,2** **+ 7,0**	**7,0** **10,2**	**+2,0** **— 0**	**+10,2** **+ 9,0**	**12,0** **15,2**	**+2,0** **— 0**	**+15,2** **+14,0**	**17,0** **22,0**	**+3,0** **— 0**	**+22,0** **+20,0**
12,41 — 13,98	3,1 5,5	**+1,4** **— 0**	+5,5 +4,5	**5,8** **9,4**	**+2,2** **— 0**	**+ 9,4** **+ 8,0**	**7,8** **11,4**	**+2,2** **— 0**	**11,4** **+10,0**	**13,8** **17,4**	**+2,2** **— 0**	**+17,4** **+16,0**	**18,5** **24,2**	**+3,5** **— 0**	**+24,2** **+22,0**
13,98 — 15,75	3,6 6,1	**+1,4** **— 0**	+6,1 +5,0	**5,8** **9,4**	**+2,2** **— 0**	**+ 9,4** **+ 8,0**	**9,8** **13,4**	**+2,2** **— 0**	**+13,4** **+12,0**	**15,8** **19,4**	**+2,2** **— 0**	**+19,4** **+18,0**	**21,5** **27,2**	**+3,5** **— 0**	**+27,2** **+25,0**
15,75 — 17,72	4,4 7,0	**+1,6** **— 0**	+7,0 +6,0	**6,5** **10,6**	**+2,5** **— 0**	**+10,6** **+ 9,0**	**9,5** **13,6**	**+2,5** **— 0**	**+13,6** **+12,0**	**17,5** **21,6**	**+2,5** **— 0**	**+21,6** **+20,0**	**24,0** **30,5**	**+4,0** **— 0**	**+30,5** **+28,0**
17,72 — 19,69	4,4 7,0	**+1,6** **— 0**	+7,0 +6,0	**7,5** **11,6**	**+2,5** **— 0**	**+11,6** **+10,0**	**11,5** **15,6**	**+2,5** **— 0**	**+15,6** **+14,0**	**19,5** **23,6**	**+2,5** **— 0**	**+23,6** **+22,0**	**26,0** **32,5**	**+4,0** **— 0**	**+32,5** **+30,0**

(Cortesía de USASI; B4.1-1955.)

APENDICE 24. FORMULAS DE INGENIERIA

Movimiento lineal

S = distancia (pulgadas, pies, metros, km, etc.)
t = tiempo (segundos, minutos, horas)
v = velocidad promedio (pies/seg, km/hr, etc.)
v_1 = velocidad inicial
v_2 = velocidad final
a = aceleración (pies/seg^2, m/seg^2)

(1) $S = vt$

(2) $V = \dfrac{v_1 + v_2}{2}$

(3) $S = \left(\dfrac{v_1 + v_2}{2}\right)t$

(4) $a = \dfrac{v_2 - v_1}{t}$

(5) $S = V_1 t + \frac{1}{2} at^2$

Movimiento angular

V = velocidad lineal
N = número de revoluciones por minuto
θ = desplazamiento angular en radianes
1 radián = $360°/2\pi = 57{,}3°$
ω = velocidad angular promedio
= θ/t (rad/seg, rev/min)
ω_1 = velocidad inicial
ω_2 = velocidad final
α = aceleración angular (rad/seg^2)
S = longitud de arco
r = radio de arco
D = diámetro

(6) $\theta = \omega t$

(7) $\omega = \dfrac{\omega_1 + \omega_2}{2}$

(8) $\alpha = \dfrac{\omega_2 - \omega_1}{t}$

(9) $\omega_2 = \omega_1 + \alpha t$

(10) $\theta = \omega_1 t + \dfrac{\alpha t^2}{2}$

(11) $V = \pi DN$ o $V = r\omega$ (pies/seg, m/min, etc.)

Fuerza y aceleración

F = fuerza (lb, kg, New, etc.)
M = masa (slugs, UTM, kg, etc.)
a = aceleración (pies/seg^2, m/seg^2)
g = aceleración gravitacional (32,2 pies/seg^2, 9,81 m/seg^2)
W = peso (lb, kg, New, etc.)
$M = F/a = W/g$.

Trabajo

W = trabajo (pie, lb, joules, etc.)
F = fuerza (lb, kg, New, etc.)
d = distancia (pies, m.)
$W = Fd$
1 joules = 1 kg. m

Potencia

W = trabajo
t = tiempo
1 hp = 550 pie lb/seg
1 vatio = 1 joule/seg.
Potencia media $= \dfrac{W}{t}$ (hp. $\dfrac{\text{lb. pie}}{\text{seg}}$, vatios, etc.)

Energía cinética

W = peso
V = velocidad
g = aceleración gravitacional
E.C. $= WV^2/2g$.

INDICE DE MATERIAS

CH

D

E

J

L

M

N

O

P

R

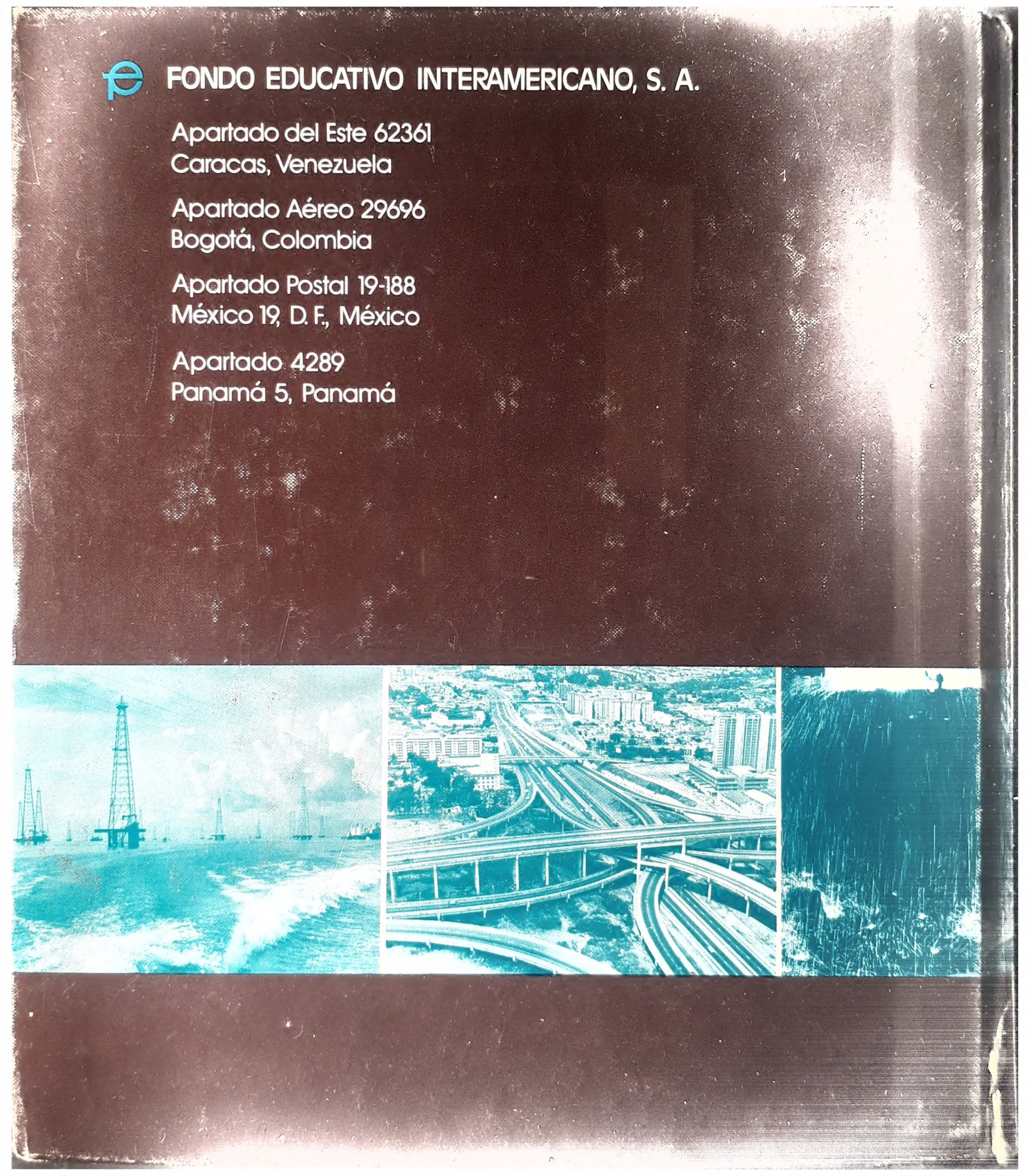
S

T

U

V

Z



FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO, S. A.
Apartado del Este 62361
Caracas, Venezuela
Apartado Aéreo 29696
Bogotá, Colombia
Apartado Postal 19-188
México 19, D. F., México
Apartado 4289
Panamá 5, Panamá